



Diseño de la automatización del separador api para la recuperación de hidrocarburos refinados mediante skimmer en Ecopetrol S.A

Luis Alfonso Cordoba Medina

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Santa Marta, Colombia

2021

Diseño de la automatización del separador api para la recuperación de hidrocarburos refinados mediante skimmer en Ecopetrol S.A

Luis Alfonso Cordoba Medina

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Ingeniero Eléctrico, Elcy Patricia Prado

Línea de Investigación:

Automatización industrial

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Santa marta, Colombia

2021

Dedicatoria

Este trabajo de grado va dedicado a Dios, como principio de un todo y quien ha sido mi impulso impersonal para realizar este estudio, por ser esa luz guía y darme la bendición de continuar luchando por mis metas como persona y profesional; a mi madre Amada Rosa Medina Charris, por su amor y confianza, a mi esposa Janeth Perez Gil, por su apoyo incondicional, porque sin ti no hubiese sido posible este logro, a mis hijos Yuraima Andrea Cordoba Perez, Yoleisy Marcela Cordoba Perez, Yaren Vanessa Cordoba Perez y Leandro Camilo Cordoba Perez, quienes son mi razón de ser.

Agradecimientos

Gracias Dios por todo lo que me has dado, gracias por no soltar mi mano y mantenerme a tu lado contra vientos y marea. sin ti nada soy, por ti soy lo que soy y gracias a ti dos tesoros tengo, la salud y mi familia.

Gracias a la maravillosa empresa Ecopetrol S.A. por los beneficios económicos de educación brindados, fundamentales para lograr este objetivo. a mis compañeros de trabajo Aldemar Emilio Rivas Ospino, Jerson Leonardo Sanín Manzano, Lucas Enrique García Bellio y Donny Helmuth Montejo por su amistad, apoyo permanente y motivación.

Gracias a mis padres Amada Rosa Medina Charris y Luis Alfonso Cordoba Flórez, porque nunca se cansaron de luchar por su familia. Gracias por hacerme crecer, por defenderme, por darme su apoyo siempre y su amor infinito. Por preocuparse de mí en cada momento.

Gracias a mi compañera Janeth Perez Gil por su apoyo permanente e incondicional, fuiste la persona clave para poder lograr alcanzar esta meta, Gracias por tener la fortaleza de acompañarme en los momentos de dificultad.

Gracias a la Universidad Antonio Nariño y a su cuerpo docente de la sede Santa marta por su incansable labor para formar profesionales competitivos y personas altamente calificadas y comprometidas con los procesos de transformación positiva del país.

Luis Alfonso Cordoba Medina

Resumen

En la actualidad, el cuidado de los recursos renovables, es una prioridad, por tanto, el proyecto tiene como objetivo el automatizar el separador API de la empresa ECOPETROL S.A, ofreciendo un diseño basado en un skimmer, separador de sustancias densas, a través de burbujas de aire provocadas por el efecto Venturi, el separador API se encarga de recoger todos los residuos de aguas aceitosas y separar el agua del combustible para su posterior tratamiento y liberación.

El proyecto se realiza con la herramienta de simulación LabView, para simular el sistema eléctrico diseñado para el Skimmer con el objetivo de evaluar la lógica para su posterior implementación por parte de la empresa en un futuro.

Palabras Claves: LABView, Piscina, Residuos industriales, Separador API, Simulación, Skimmer.

Abstract

At present, the care of renewable resources is a priority, therefore the project aims to automate the API separator of the company ECOPETROL SA, offering a design based on a skimmer, separator of dense substances, through bubbles of air caused by the Venturi effect, the API separator is responsible for collecting all the residues of water mixed with oil and separating the water from the fuel for its subsequent treatment and release.

The project is carried out with the LabView simulation tool, to sum up the electrical system designed for the Skimmer in order to evaluate the logic for its subsequent implementation by the company in the future.

Keywords.

Contenido

1	Descripción del problema.....	14
1.1	Planteamiento del Problema	14
1.2	Formulación del problema	15
1.3	Estado del Arte.....	16
1.4	Justificación.....	17
1.5	Objetivos	19
1.5.1	Objetivo general.....	19
1.5.2	Objetivos específicos.....	19
1.6	Alcances	19
1.7	Limitaciones	19
1.8	Metodología	¡Error! Marcador no definido.
1.9	Cronograma de actividades.....	¡Error! Marcador no definido.
1.10	Ubicación dentro de las líneas de investigación de la facultad	20
1.11	Usuarios directos y forma de utilización de los resultados.....	20
1.12	Presupuesto del Proyecto	¡Error! Marcador no definido.
2	Marco Teórico.....	21
2.1	Marco de referencia	21
2.1.1	Tipos de Mezclas Químicas.....	21
2.1.2	Separador API.....	22
2.1.3	Tipos de Separador API.....	22
2.1.4	Partes básicas de un separador API.....	25
3	Marco Metodológico.....	27
3.1	Tipo de Investigación	27
3.1.1	Nivel de la investigación	28
3.2	Diseño de la investigación.....	28
3.3	Normativa legal	31
4	Resultados de la investigación.	32
4.1	Análisis e interpretación de los resultados.....	32
4.1.1	Diagnóstico del Separador API Instalado en Ecopetrol S.A	32
4.1.2	Razonamiento del problema.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.3	Modelamiento matemático de un tanque de agua.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.4	Lógica de para automatizar el sistema.....	57

4.1.5 Selección de sensores y de electroválvulas para la automatización del Separador API con el skimmer.....	62
4.1.6 Diseño de sistema hidráulico.....	66
4.1.7 Diseño del Sistema eléctrico.	69
4.1.8 Simulación del separador API en LabView.	70
4.2 Coste Beneficio.....	76
4.2.1 Coste del proyecto.	76
4.2.2 Beneficio.	77
4.2.3 Retorno a la inversión.....	78
5 Conclusiones y recomendaciones.	79
5.1 Conclusiones.	79
5.2 Recomendaciones.	79
6 Bibliografía.....	81
7 Anexos.....	83
7.1 Hoja de datos del Sensor de Nivel.	83
7.2 Válvula de Sobrepresión.	85
7.3 Hoja de datos del Actuador Hidráulico neumático automático Cowan.	88
7.4 Hoja de datos FP360 SC Sensor de aceite en Agua.	90

Lista de figuras

Figura 1: Ubicación de pozos colorados desde google earth.....	20
Figura 2: Separador API con skimmer.....	22
Figura 3: Hydrocyclone o separador circular.	23
Figura 4: Separador API Multietapa.....	24
Figura 5: Recirculación en V.....	25
Figura 6:Partes básicas de un Separador API.....	26
Figura 7:Tanques de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Pozos Colorados.....	33
Figura 8: Tanque cónico de techo fijo.....	33
Figura 9: Tanque de Techo Flotante.....	34
Figura 10:Decantación de agua en un Tanque almacenamiento de hidrocarburos.....	34
Figura 11Drenaje de agua en un Tanque.	35
Figura 12:Recolección manual de hidrocarburo en el Separador API.....	36
Figura 13:Diagrama del proceso de purga de agua en la planta de Ecopetrol S.A.	36
Figura 14:Purga de Agua desde el Almacenamiento principal al Separador API.	37
Figura 15:Tuberías de alimentación del separador API.	37
Figura 16:Flauta de Captación de producto superficial Separador API.....	38
Figura 17: Pared de separación de lodos.	39
Figura 18:Vista lateral del Separador API (Trampas de lodos, pared separadora de sólidos y flauta recolectora).....	40
Figura 19: Válvula de salida del producto hacia el tanque de recuperación.....	40
Figura 20:Dimensiones del separador API (Largo en la parte superior, ancho en la parte Inferior).....	41
Figura 21:Valores de K para una válvula de compuerta.	42
Figura 22:Valores de K para una válvula de Mariposa.....	42
Figura 23: Skimmer almacenado en las bodegas de la empresa.....	43
Figura 24: E150 Elastec, sistema de skimmer + bomba implementado.	44
Figura 25: Diagrama Hidráulico del skimmer.	44
Figura 26: Dibujo técnico, despiece del skimmer.....	45
Figura 27:Dibujo técnico, despiece del skimmer.....	46
Figura 28:Variables que participan en un tanque de agua.....	47
Figura 29:Inicio del modelamiento matemático.....	48
Figura 30: Flujo en una Válvula Hidráulica.	49
Figura 31: Variables que influyen en el llenado de un tanque (Separador API).	50

Figura 32: Modelo Matemático Diagrama de bloques.	56
Figura 33: Grafica de Altura del tanque modelado.	56
Figura 34: Posible ubicación de los sensores en el separador API.	57
Figura 35: Diagrama de flujo automatización Separador API.	58
Figura 36: Lógica de programación en LogoSoft.	59
Figura 37: simulación de la primera premisa.	60
Figura 38: Prueba del sensor superficial de Aceite en Agua.	61
Figura 39: Prueba del sensor inferior de concentración de Aceite en Agua.	62
Figura 40: Actuador conversor hidráulico mecánico para válvulas mecánicas.	63
Figura 41: Sensor de aceite en agua FP360 sc.	64
Figura 42: Logo V8 Siemens.	65
Figura 43: módulo de Expansión analógico AM2 Siemens.	65
Figura 44: Sensor de nivel de Agua Scully Exterior.	66
Figura 45: Diseño Hidráulico.	67
Figura 46: Válvula 3/2 presión hidráulica aceite.	68
Figura 47: Válvula de sobrepresión VMD 20.	68
Figura 48: Unidad de potencia Larzep.	69
Figura 49: Diagrama Eléctrico, circuito de control.	70
Figura 50: simulación manual del sistema.	71
Figura 51: Derrame en Galones de la simulación.	72
Figura 52: Salida del skimmer y recuperación del producto.	72
Figura 53: Salida en Galones hacia la laguna de oxidación.	73
Figura 54: Sensor Bajo Obstruyendo la válvula hacia la laguna de oxidación y el separador API llenándose.	74
Figura 55: el sensor superior se llena de aceite, enciende el skimmer, y al bajar a determinado nivel abre la válvula de entrada.	75
Figura 56: sensor bajo disminuyendo el nivel de aceite, y abriendo la válvula de salida a la laguna de oxidación.	76

Lista de tablas

Tabla 1-1: Cronograma de actividades	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1-2: Presupuesto.	¡Error! Marcador no definido.

Introducción

La vida como se la conoce en la actualidad, se mueve gracias a los hidrocarburos y sus derivados, todos los medios de locomoción, energéticos de alguna u otra manera se encuentran ligados a este líquido no renovable que se encuentra en las profundidades de la tierra. Los derivados del petróleo, junto con los motores hacen que los vehículos se puedan mover de un lugar a otro, y de aquí la importancia de mejorar los sistemas actuales de distribución, refinamiento y aprovechamiento del líquido.

Así como los hidrocarburos son necesarios para el avance de la sociedad en la actualidad, también se debe tener en cuenta que los hidrocarburos son peligrosos para la vida, debido a que poseen compuestos que lo hacen inflamable, volátil, y tóxico para el medio ambiente, estos compuestos son peligrosos para la vida y deben ser tratados de una manera especial, además que los sistemas de distribución del elemento no están sujetos a derrames y fallas en la contención del petróleo y sus derivados (Zimmermann , 2018).

En la industria del petróleo, se tienen diferentes tipos de desperdicio industrial, su tratamiento se encuentra regulado por la API (American Petroleum Institute) por sus siglas en inglés, sugiere tener una piscina de residuos derivados de la actividad para la posterior separación de los hidrocarburos del agua con el cual fue mezclada, en cualquiera de los casos anteriormente mencionados, el tratamiento del agua en estos casos debe ser rigurosamente revisado, debido a que una gota de crudo vuelve no potable 26 lts de agua aproximadamente, para devolverlo al afluente de donde fue sustraído y minimizar el impacto ambiental debido al residuo industrial del proceso. Cabe destacar que el tratamiento de los desechos industriales derivados de las actividades del petróleo está regido por la ley y su no cumplimiento es causante de cuantiosas multas a las empresas que no practiquen las normas establecidas en el decreto 1073 de 2015 (Ministerio de Minas y Energía , 2015) (Gobierno Colombiano, 2004).

Los separadores API son elementos utilizados en la industria de los hidrocarburos para la separación del agua del producto a través de la decantación (el líquido más denso abajo y el líquido de menor densidad arriba), que es lo mismo que el fenómeno que ocurre con el agua y el aceite. Tratándose de ACPM, nafta y todos los derivados del petróleo que son líquidos de menor densidad que el agua, por tanto se produce el mismo fenómeno y se produce una mezcla heterogénea.

Según la API (American Petroleum Institute, 1990), es obligatorio la separación del agua de los productos, debido a la contaminación que estos generan en los afluentes de agua, de la eficiencia del proceso del separador API depende la contaminación que entregue la industria petrolera a los afluentes de agua cercanos.

El agua se utiliza para limpiar las tuberías y empujar el producto a través de los oleoductos, hacia los tanques de distribución y almacenamiento, por tanto es común que el producto se encuentre mezclado con el agua, este producto debe quedar en reposo entre 7 a 12 horas para que se produzca la separación por decantación y se pueda extraer el agua por la parte de abajo, dejando el líquido en los tanques de almacenamiento. Pero este proceso no es perfecto, debido a que varios químicos como los detergentes y parte de la mezcla de producto forman una mezcla homogénea, además que la separación por decantación no es completa por tanto en el separador api se recupera un porcentaje del producto a manera de un film que es recolectado por las flautas para su posterior recuperación.

Estos procedimientos de limpieza, requieren de un operario, el cual se encarga de verificar los niveles del separador API, este operario se encuentra expuesto a los gases, y líquidos tóxicos que desprende el hidrocarburo, estos gases pueden generar enfermedades en los pulmones, y los líquidos pueden generar cáncer cutáneo, por tal motivo el operario tiene que trabajar con las debidas protecciones y Elementos de protección personal.

La automatización del Separador API implica la implementación de sensores de residuos que sean especiales y no provoquen estática, además de la medición de las variables, que son la turbulencia del agua y el nivel del pozo, además de la sedimentación de la misma para realizar el vaciado de la piscina y mantenerla en óptimas condiciones.

Los operarios a través del roce con las partes metálicas de la planta de refinamiento, generan pequeñas cargas eléctricas que derivan en chispas al momento de descargarse accidentalmente, de aquí a que en las plantas de almacenamiento de combustibles una de las labores prioritarias en la planta es eliminar la energía estática de cada uno de los componentes que se mueven dentro de la misma y asegurar los posibles focos de estática a tierra. Esto incurre también en la eliminación o disminución del factor humano en las operaciones de cargue y descargue de hidrocarburos para evitar posibles accidentes en la planta.

En el proyecto se plantea la posibilidad de utilizar un skimmer hidráulico, con un sistema electromecánico de control a través de un logo, con el fin de disminuir el riesgo que los operarios sufran accidentes y problemas respiratorios a futuro, por los vapores de los detergentes y los productos químicos que contienen este tipo de sustancias.

Por motivos de la situación actual al momento de la pandemia de 2020, se realiza a modo de diseño para su posterior evaluación frente a un comité y revisar su implementación dentro de la empresa, por tal motivo se limita este proyecto a solo el diseño del mismo y se limita solamente a la planta de Ecopetrol Santa marta.

Capítulo 1

Presentación del proyecto

1 Descripción del problema

1.1 Planteamiento del Problema

Los hidrocarburos son considerados las sustancias más contaminantes que existe en el planeta, una sola gota de crudo puede contaminar 26 lts de agua y hacerla no potable, peligrosa y nociva para el medio ambiente (Zimmermann , 2018). Cuando los hidrocarburos se mezclan con el agua, ahogan a la fauna marina, debido a los gases que desprenden las sustancias que desplazan el oxígeno e impiden la respiración de los animales que dependen de la circulación de agua entre sus branquias. Esto provoca la muerte de la fauna submarina.

Estos hidrocarburos al mezclarse con el agua y emulsionarse, al comenzar el ciclo del agua, suelen generar lluvia acida, que es dañina para toda la vida además de afectar a las plantas que se intoxican y por consiguiente intoxican al ser humano.

Los derrames de hidrocarburos en la industria de la distribución, es común en el sector, estos derrames provocan exposición a químicos que pueden provocar daños a la salud de las personas y/o animales. La mezcla de agua y petróleo Todo esto se debe a que el petróleo contiene materiales pesados nocivos para la vida como lo son el vanadio, el níquel, el cobre y el hierro, además de que para su refinamiento se utilizan poli cíclicos (PAH), los cuales generan que los alveolos de los pulmones mueran o se degeneren (Cáncer de pulmón) (GreenPeace, pág. 1).

En la industria del Petróleo, por protocolos de seguridad y protección de los recursos naturales, cada empresa debe tener un Separador API (American Petroleum Institute), este separador se encarga de separar los residuos de petróleo del agua que se mezcla a

manera accidental en el proceso. Cuando llueve, cuando se lava, cuando ocurre un accidente en el cargue y descargue, el terreno se lava es con agua y agentes especiales que contribuyen a tener un espacio lleno de hidrocarburos nocivos para la salud y para el medio ambiente.

Según la política de tratamiento de hidrocarburos, el agua debe ser tratada en un espacio especial, donde deben ser separadas las sustancias químicas del agua en la mayor cantidad posible, evitando de la mejor manera la contaminación de la misma, para eso se utiliza el separador API. Este separador se acciona a manera manual cuando el operador nota que la piscina de agua se encuentre en un nivel óptimo para separar la sustancia de mayor densidad de la de menor densidad. El aceite o hidrocarburo que flota sobre la superficie del agua es recogido por una tubería con perforaciones ubicada al nivel del agua y pasa por rebose a un tanque sumidero. El agua separada es enviada a la piscina de oxidación mediante una bomba de manera automática por control de nivel. Esto requiere de un operario que esté atento a los niveles de la piscina y a los niveles de hidrocarburo, además de visualizar los niveles de lodo dentro de la piscina para posteriormente vaciarla y retirar de manera manual el lodo al fondo de la piscina y volver a repetir el proceso.

El hidrocarburo contiene sustancias químicas como el benceno es un químico el cual provoca irritación en la piel al contacto, en la vía tracto respiratoria puede provocar náuseas y vértigo, además que es un cancerígeno peligroso, que puede causar leucemia en contactos prolongados con el químico (Agencia para Sustancias Toxica y reguistro de Enfermedades, 1999, págs. 1-3). Todo lo anteriormente mencionado puede provocar una conflagración para el personal que se encuentre haciendo labores en el separador API.

El movimiento y el rozamiento provocan estática lo que con los gases derivados del proceso, provocan energía estática, de ahí que todo en la planta se encuentre aterrizado a tierra, los gases que desprenden el proceso son altamente inflamables, por tal motivo la API aconseja mantenerse alejados de los vapores que desprenden los compuestos, tanto por la salud de los trabajadores, como por los daños materiales que puede causar una conflagración en un lugar donde se almacenan grandes cantidades de combustible.

1.2 Formulación del problema

Todo lo expuesto anteriormente lleva a realizar la siguiente pregunta.

¿Cómo se puede mejorar el separador API implementado en la empresa Ecopetrol S.A?

1.3 Estado del Arte

Para organizar las ideas del proyecto fue necesario la lectura de documentos corporativos que permiten conceptualizar el proceso de la automatización del Separador API para la Recuperación de Hidrocarburos Refinados Mediante Skimmer, partiendo de guías, instructivos, formatos y procedimientos de un nivel técnico altamente confiable. También de otros trabajos de grado, tanto de nivel nacional como internacional que aportan conceptos e investigaciones aplicables en lo que se desea desarrollar, con el fin de cumplir los objetivos trazados del proyecto. Teniendo en cuenta que el propósito, es el diseño para automatizar el separador API para la recuperación de hidrocarburos con Skimmer.

Se tendrá presente la siguiente bibliografía, donde se resaltan importantes referencias que serán de gran utilidad para la meta propuesta.

Para iniciar quiero resaltar al Autor Carlos Sabino en su libro “El proceso de investigación”, (Sabino, 1992). Donde el objetivo principal del texto es presentar, en forma clara y completa, una guía básica para quienes se inicien en la aventura de la investigación científica. La ciencia, como forma de conocimiento que predomina en el mundo contemporáneo, es creada por una labor multifacética que se desarrolla en centros e institutos, en universidades, empresas y laboratorios. Trabajo de investigación, cuyo producto es el conocimiento científico y tecnológico que de modo tan profundo ha cambiado nuestro modo de vida, posee la peculiaridad de requerir a la vez creatividad, disciplina de trabajo y sistematicidad. Finalmente se concluye que: sólo investigando se aprende a investigar, sólo en la práctica se comprende el verdadero sentido de los supuestos preceptos metodológicos y se alcanza a captar la rica variedad de casos que se presentan al investigador real.

Sobre la operación y recolección manual de hidrocarburos en separador API, se han identificado oportunidades de mejoras para lograr una operación segura.

A nivel nacional y basado en el proyecto de grado “DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA GUÍA METODOLOGICA PARA EL DESEMPEÑO DEL INGENIERO RESIDENTE EN OBRAS DE CONSTRUCCION DE SEPARADORES API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE) Y SISTEMA DE SEGREGACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y ACEITOSAS”, (Enriquez Mora, 2014). Que ofrece una orientación para el desempeño de las funciones de un ingeniero residente en obras de construcción de separadores API y Sistema de Segregación de aguas lluvias y aceitosas buscando dar respuesta oportuna a las

principales actividades que se requieren conocer y de la información que se debe manejar para ejercer cabalmente tal actividad en la obtención de calidad, como esencia misma de su ejercicio profesional. Para conseguirlo, se tuvo en cuenta la experiencia vivida por el autor en su desempeño como participante en la refinería de Sebastopol, municipio de Cimitarra, Santander.

Igualmente, para detallar el tipo, cantidad y localización de la instrumentación necesaria para la automatización del separador API, como parte esencial de los servicios auxiliares de la terminal con el fin de mejorar el proceso y así garantizar la operación segura respecto a los requerimientos de orden ambiental se tiene en cuenta la guía de Ecopetrol VIT-GTT-P-INS-GT-014 (INSTRUMENTACIÓN REQUERIDA EN SUMIDEROS Y SEPARADOR API), (Ecopetrol S.A., 2013).

A nivel internacional se ha tenido en cuenta como insumo de gran importancia para el desarrollo de este proyecto el trabajo de grado titulado: “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PROCESO (EDARI) DE UNA PETROQUIMICA”, (Hernando Marcos, 2010). Cuyo objetivo del proyecto es la corrección del problema de los vertidos hídricos de las plantas petroquímicas mediante la implantación de una estación depuradora de aguas residuales industriales para el tratamiento de la corriente de aguas de proceso obtenida en esta planta. De esta forma, el efluente de la EDARI de la planta petroquímica ha de cumplir los requisitos establecidos legalmente.

1.4 Justificación

Ecopetrol S.A dispone de una línea estratégica llamada Excelencia Operacional, tiene como objetivo lograr una operación con un mínimo impacto ambiental, a través del aseguramiento del cumplimiento legal ambiental, la ejecución de proyectos y programas de reducción de emisiones, vertimientos y residuos; así como de eficiencia y diversificación energética; y la implementación de los programas de integridad operativa y de los planes de contingencia y de respuesta a emergencias.

Desde hace algunos años, Ecopetrol S.A., redefinió su marco estratégico ambiental en coherencia con las áreas donde explora, explota, refina y transporta hidrocarburos. La dimensión ambiental se hizo visible dentro del marco estratégico empresarial, subrayando que se trata de una responsabilidad corporativa para también hacer explícitos su reconocimiento al valor de los ecosistemas de Colombia y su responsabilidad para con la riqueza de nuestros recursos naturales.

Así mismo dentro del marco estratégico la gestión ambiental se ve reflejada en la excelencia operacional que debe tener cada una de las operaciones y proyectos. La Estrategia Ambiental busca desarrollar una operación en armonía y equilibrio con los grupos de interés y con el medio ambiente, reduciendo progresivamente los impactos y contribuyendo al desarrollo sostenible de las regiones.

Desde el punto de vista teórico: Este proyecto brinda una solución para la dificultad actual de recolección manual de hidrocarburos en el separador API. Al implementar la automatización del sistema se reducen los tiempos de exposición de hidrocarburos en la superficie del separador API, reduciendo considerablemente las emanaciones al ambiente que impactan negativamente las áreas vecinas, donde actualmente vemos se ha acelerado la construcción de edificios residenciales. Se reduce para la empresa los riesgos de posibles afectaciones para la salud de los operadores.

Desde el punto de vista práctico: este proyecto de investigación, pretende realizar una mejora al sistema de recuperación de hidrocarburos en el Separador API de la Terminal Marítima Pozos Colorados, mediante el diseño de un sistema de recolección automático con Skimmer. Que brinde facilidad para la recolección hacia el tanque sumidero de la planta.

Desde el punto de vista metodológico: Se tiene como base de estudios documentos como: guías, instructivos, procedimientos y formatos recopilados de una base de datos de Ecopetrol, los cuales brindan una orientación precisa y detallada para el diseño propuesto.

Desde el punto de vista social: Se busca contribuir al fortalecimiento con las comunidades vecinas y autoridades ambientales, mediante la reducción de emanaciones de hidrocarburos refinados a la atmosfera. Que haga de la terminal un sitio mucho más amigable para trabajar y confiable para los habitantes del sector.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar la Automatización del Separador API para la Recuperación de Hidrocarburos Refinados Mediante Skimmer en Ecopetrol S.A

1.5.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado del proceso actual de recuperación manual de hidrocarburos acumulados en la superficie del Separador API.
- Elaborar el diseño del sistema eléctrico y sistema de control del proceso de recuperación de hidrocarburos con Skimmer.
- Realizar el esquema de simulación en la herramienta LABVIEW, del proceso que se empleará en la optimización de la recuperación de hidrocarburos en Separador API.
- Presentar un análisis costo-beneficio de la implementación del sistema automatizado de recuperación de hidrocarburos con Skimmer.

1.6 Alcances

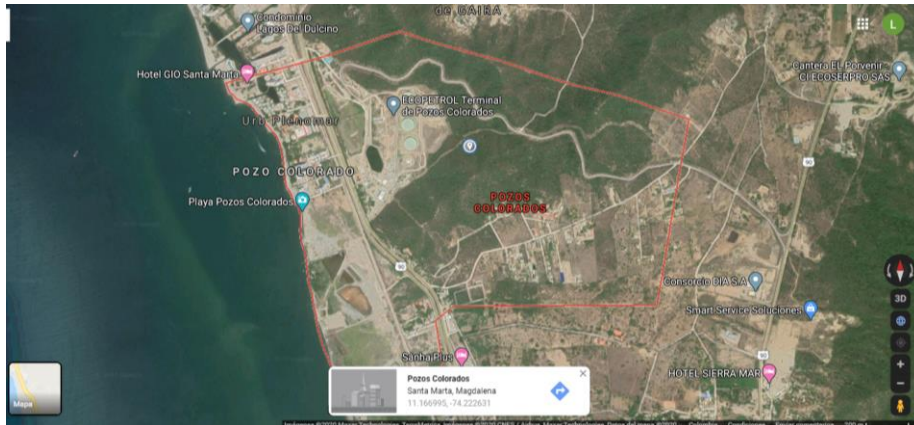
Con el desarrollo de este proyecto se pretende realizar un diseño de automatización al separador API de la terminal marítimo pozos colorados de ECOPETROL, que permita mejorar notablemente las condiciones operativas, cumpliendo con los estándares de seguridad, dando cumplimiento a los requerimientos ambientales, garantizando en todo momento la integridad de las personas, el cuidado y protección del medio ambiente e instalaciones, y eliminar los sobrecostos generados por apoyo de personal aliado ya que actualmente la recuperación de hidrocarburos se realiza de forma manual.

1.7 Limitaciones

El proyecto se fundamenta en el diseño y cálculos para la implementación de un sistema automatizado de recolección de hidrocarburos refinados con skimmer en el Separador API,

ubicado en el Terminal marítimo Pozos Colorados de propiedad de la empresa colombiana de petróleo - Ecopetrol S.A. En ese sentido, su implementación y construcción está limitada a que Ecopetrol autorice su ejecución.

Figura 1: Ubicación de pozos colorados desde google earth



Fuente: Autor del Proyecto.

El diseño se hará para la planta pozos colorados ubicada en la ciudad de santa marta – Magdalena Colombia, L 11,16649 N, L -74,226996 O.

1.8 Ubicación dentro de las líneas de investigación de la facultad

El desarrollo de este proyecto de grado se encuentra enfocado en la línea de investigación de automatización industrial. Dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica de la UAN.

1.9 Usuarios directos y forma de utilización de los resultados

Los usuarios directos que se verán beneficiados con la realización de este proyecto son los trabajadores de la planta pozos colorados de Ecopetrol S.A, ya que con la automatización del sistema mejora las condiciones laborales del operador con menos exposición a los gases y líquidos del residuo industrial.

Capítulo 2

2 Marco Teórico

A continuación se presenta toda la teoría necesaria y los términos utilizados dentro del desarrollo del proyecto.

2.1 Marco de referencia

2.1.1 Tipos de Mezclas Químicas.

El separador API se encarga de separar los hidrocarburos del agua, pero este sistema no puede separarlos todos debido a que los hidrocarburos poseen muchos componentes, estos componentes pueden formar múltiples mezclas y emulsionar en un compuesto nuevo, por tal motivo se explican los tipos de mezcla.

Se define como mezcla a la unión de 2 o más sustancias, pero estas no se unen químicamente y se pueden diferenciar una de la otra, manteniendo cada una las propiedades iniciales. En la mezcla de sustancias existen dos tipos de Mezclas de sustancias:

- ***Homogénea.***

Se define como la mezcla entre dos sustancias cuya densidad es parecida o igual, esta mezcla es la más compleja debido a que a simple vista no son distinguibles, como es el caso del agua y el alcohol. Su proceso de separación es complejo y requiere de sistemas industriales como son la osmosis inversa.

- ***Heterogénea.***

La mezcla heterogénea es la más común, se define como la mezcla entre dos sustancias que se pueden distinguir fácilmente y son distinguibles a simple vista, como es el caso del agua y el aceite, o de la clara y la yema de un huevo. Su proceso de separación es relativamente sencillo a través de la decantación

2.1.2 Separador API.

El separador API es un sistema de recolección de aguas que han tenido contacto con combustible, lodos y todo tipo de sustancias, en lugares donde se almacene, procese i/o distribuyan hidrocarburos, este separador API cumple con la función de separar los líquidos más densos de los de menor densidad a través de la decantación y sedimentación del sistema para separar los residuos sólidos y los líquidos más densos dejando el agua en la mitad. Se debe tener en cuenta que este sistema de separación de líquidos y sólidos no funciona con mezclas Homogéneas, debido a la complejidad de separar este tipo de mezclas.

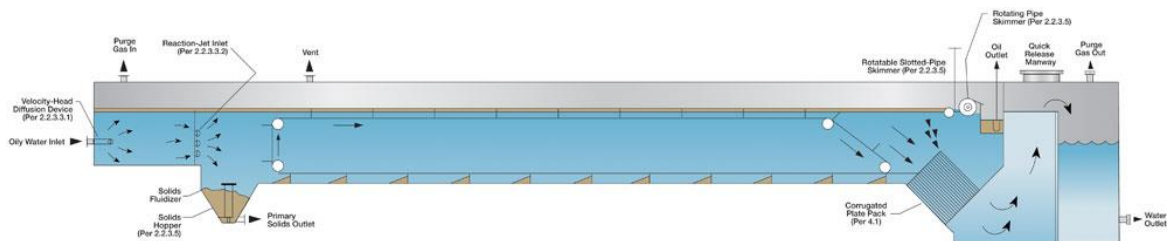
Para este separador se tienen en cuenta que cada empresa tiene su propio sistema, pero el principio del separador es el mismo para todas, gracias a la API 421, que reglamenta estos separadores y los subdivide por modos de aplicación del separador dependiendo del presupuesto y de la tecnología a implementar (American Petroleum Institute, 1990).

2.1.3 Tipos de Separador API

- API Skimmer.

Este Separador contiene un sistema de decantación acompañado con un skimmer el cual por gravedad separa el agua lodosa en el fondo, el líquido más denso en la superficie, el cual es drenado por el skimmer y el agua limpia es succionada en la mitad, para luego ser tratada y enviada al afluente más cercano. A continuación se presenta un diagrama de funcionamiento.

Figura 2: Separador API con skimmer.



Fuente: (energyspecialties, 2020).

Como se puede observar, el agua con lodos entra por la parte trasera o por la primera etapa, donde se filtra el agua por unos agujeros para que los residuos sólidos queden en esa etapa y solo pasen cierta cantidad de residuos suspendidos, en la segunda etapa se deja al agua reposar para que por decantación se separen los materiales los más pesados y material en suspensión quede en la parte de abajo, el agua limpia y menos densa quede en la mitad y el agua más densa o el aceite suba hacia arriba y sea recogida por un skimmer giratorio que adhiere el aceite a su tambor y lo redirige para su posterior procesamiento, el

agua pasa por un sistema de láminas microporadas para no dejar pasar los sólidos suspendidos y dejarlos en esta etapa y en la última etapa, se le añaden ciertos químicos que purifican el agua y los vuelven a los afluentes.

Este separador contiene una variante que tiene una banda transportadora dentro del agua que mantiene el flujo en circulación constante que ayuda a atrapar material suspendido en el agua, se puede instalar el sistema dependiendo de la cantidad de agua a limpiar.

- API Centrífugo.

Es un separador, que consta de un cilindro interno lizo, el cual se coloca a girar de tal modo que las sustancias viscosas se adhieran al tambor central, existe una variante donde el que gira es el chasis y separa los fluidos por movimiento circular uniforme. Este método requiere de mucha energía y es el menos utilizado, pero es el que más rápido separa el agua sucia de los lodos y partículas suspendidas, a continuación se presenta una figura ilustrativa de su funcionamiento.

Figura 3: Hydrocyclone o separador circular.



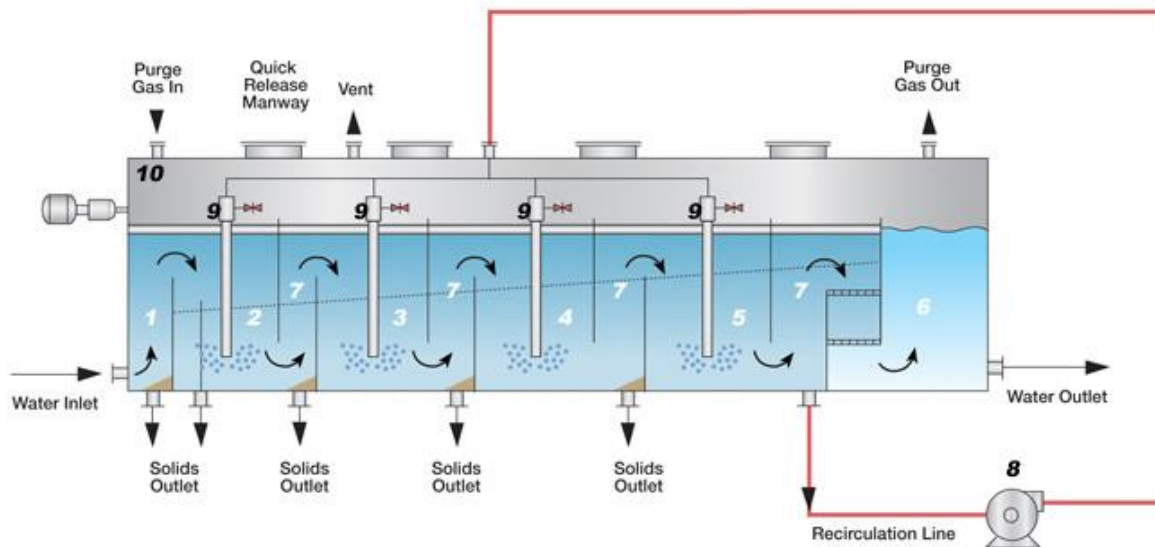
Fuente: (energyspecialties, 2020).

En este sistema se hace girar el agua como en una lavadora, la cual hace que el agua limpia salga por un lado y el agua sucia salga por el otro junto con las partículas y lodo suspendido queden en el filtro, como es de suponer su implementación es costosa, pero la cantidad que puede limpiar más las alta en menos tiempo según su fabricante.

- Multietapa

El sistema multietapa es un sistema de compartimentos por los cuales se hace circular el agua, en cada etapa deberían quedar residuos y material flotante, para luego llegar a un sistema de microfiltrado y volver a recircular el agua hasta que en la última etapa se liberan químicos de limpieza y luego se conduce el agua hasta el afluente más cercano.

Figura 4: Separador API Multietapa.



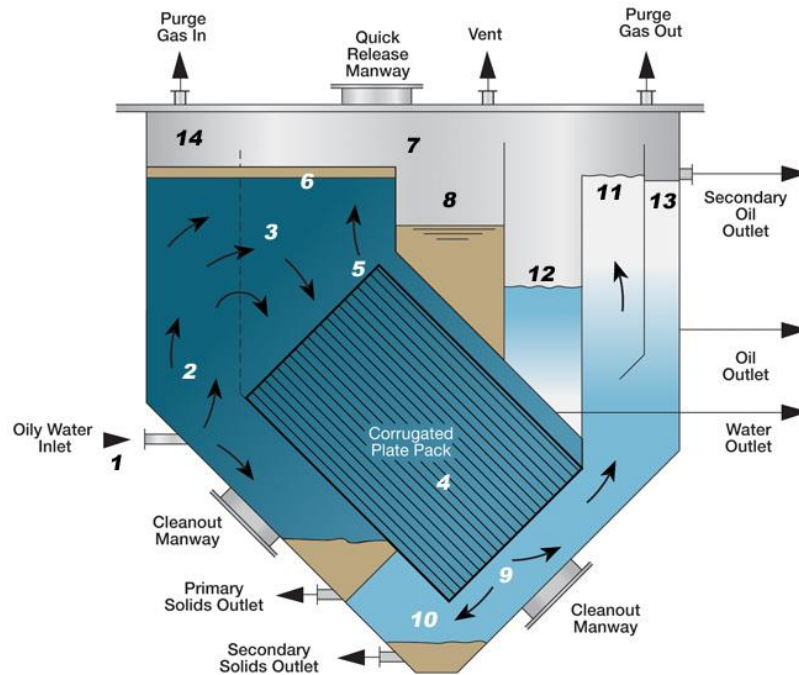
Fuente: (energyspecialties, 2020).

Como se puede observar en algunos modelos se tiende a recircular el agua hasta cada una de las estaciones anteriores hasta que el agua se purifica de una manera óptima, pero este proceso requiere de un mayor tiempo para el asentamiento de las partículas suspendidas gracias a la recirculación del agua por las cámaras.

- Bajo Flujo o en V.

Este tipo de separador, posee múltiples etapas donde el agua es forzada a pasar a través de un filtro microporado, de una cámara a otra, este tipo de separadores se aprovecha del desbordamiento y de las propiedades de la densidad relativa de los líquidos. A continuación se presenta un diagrama de su funcionamiento básico.

Figura 5: Recirculación en V



Fuente: (energyspecialties, 2020).

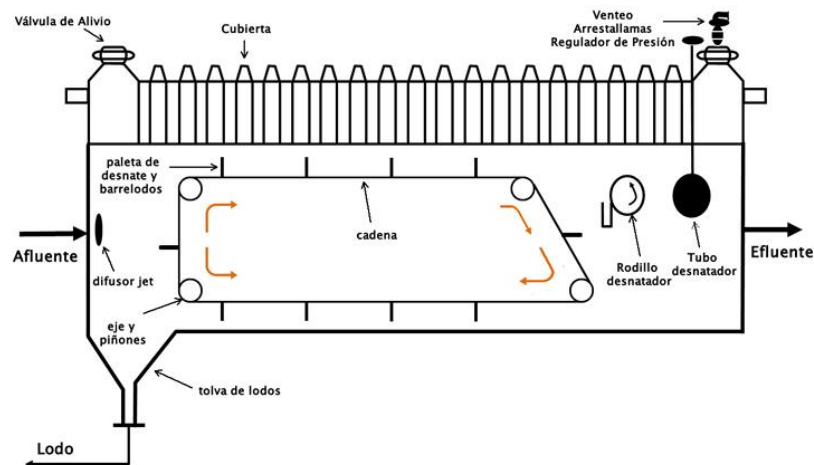
Este separador optimiza el espacio del multietapa aprovechando el diseño tipo embudo, como se puede observar, es el mismo diseño multietapa optimizado.

2.1.4 Partes básicas de un separador API.

Todos los separadores API comparten el mismo principio de filtrar y separar por densidades y decantación los diferentes tipos de líquidos que ingresen al separador, según (American Petroleum Institute, 1990) el separador API es un medio de separación de líquidos y sólidos del agua para ser devuelto a afluentes con la menor cantidad de contaminantes posibles y permite recuperar parte del desperdicio. Los separadores API en todos sus formas y divisiones, comparten el mismo principio, separar la mezcla heterogénea lo mejor que se pueda, los separadores api funcionan revolviendo la mezcla y después dejándola reposar para que la mezcla se separe por decantación, dejando un film de aceite en la superficie, partículas de aceite en la parte superior, agua "limpia" en el medio, partículas pesadas se concentran en la tercera capa y en la última capa se concentre el lodo, tierra y partículas pesadas.

A continuación, se muestra un separador API Estándar.

Figura 6:Partes básicas de un Separador API.



Fuente: (energyspecialties, 2020).

- Difusores Jet
- Paletas (doble – función) Desnatadoras y Barrelodos
- Cadenas
- Piñones de mando y libres
- Ejes
- Unidades motoreductoras
- Tubo desnatador
- Rodillo desnatador
- Cubiertas
- Válvulas de alivio, disco de ruptura.
- Venteo y arrestallamas

Como se puede observar este separador api contiene una cubierta que permite reciclar los gases que emite el agua en decantación, contiene unas paletas internas que permiten la circulación del agua limpia hacia la salida y también posee un skimmer que separa el film de aceite de la mezcla, se tienen arresta llamas y medidas de seguridad que evitan una explosión y un incendio.

Capítulo 3

3 Marco Metodológico

A continuación se presenta toda la metodología aplicada en el desarrollo del proyecto.

3.1 Tipo de Investigación

Para este proyecto se optó por utilizar el tipo de investigación descriptiva, esta “consiste en la caracterización de un hecho o fenómeno, y busca establecer su estructura o comportamiento” (Arias, 2012). Esta investigación entra en la investigación tipo cuantitativa, debido a la comparación de las variables tomadas en campo, con lo ofrecido en la simulación del sistema con las herramientas expuestas en este proyecto (Arias, 2012, págs. 22-30).

El proyecto plantea una metodología descriptiva, así proporciona información sistemática y comparable con la de otras fuentes, con un nivel de investigación de campo, la cual es descrita por (Arias, 2012) como “una investigación que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar ninguna variable” (Arias, 2012, pág. 31). Por tal motivo es una investigación de campo descriptiva

3.1.1 Nivel de la investigación

En la parte de investigación de campo, se observaron las variables de manera directa y se tabulo la información, a manera de obtener un modelo matemático con base al análisis de cajas negras y tablas hechas con el muestreo.

Según (Arias, 2012) se considera como investigación de campo a todo aquella investigación que se desarrolle, en el campo laboral, fuera de la teoría, todo se ejecuta en la práctica, para esta investigación se tuvieron en cuenta los datos obtenidos en campo, para poder obtener un resultado práctico al momento del el planteamiento.

3.2 Diseño de la investigación

Para llevar a cabo los objetivos específicos y así cumplir con las metas se siguieron los siguientes pasos:

Primer paso: se recolecta información en campo acerca del separador API, observando el proceso de manera directa y participando en cada una de sus etapas, este separador API que se encuentra dentro de la Planta Pozos colorados de Ecopetrol S.A. y se identifican los posibles problemas o formas de mejora del sistema instalado.

Segundo paso: Se identifica las variables del sistema a controlar, se observa como el proceso recolecta el producto dentro de la piscina, y se observa el fenómeno de la decantación donde los fluidos se separan, donde una idea de donde se deben colocar los sensores, además de realizar la selección de los materiales que cumplan con las condiciones técnicas establecidas para el diseño del proyecto.

Se deben tener en cuenta que los materiales que se van a utilizar en el diseño, deben ser de fácil adquisición o por lo menos deben se comerciales, de fácil uso, costos, el funcionamiento y condiciones de uso de la mejora del sistema de Automatización del separador API.

Tercer paso: se presenta el esquema del proceso que se implementara en la optimización de la recolección manual de hidrocarburos en el separador API y realizar los cálculos de construcción del sistema, aplicando los estándares de calidad, al momento de escoger los materiales, los cuales deben ser de uso solo para hidrocarburos en los materiales a utilizar.

Cuarto paso: Se presentó la simulación del Diseño propuesto haciendo uso del Software Matlab-simulink, en donde se muestran las fases de funcionamiento y la integración del sistema en Lazo cerrado. El Software, se constituye como un potente entorno de simulación, en donde se hizo uso de las estructuras de programación como:

Variables de entrada y salida

Bloques de programación.

Integración de Bloques prediseñados e imágenes.

Visualización dinámica del Proceso.

Quinto paso: se identificó cada uno de los elementos o componentes del sistema

Se identificaron todas las variables que intervienen en la operación del Separador API, las variables que intervienen son:

- Los tanques de almacenamiento Principales
- La tubería de alimentación (desde los tanques hasta el separador API).
- Válvulas de control manual.
- El Separador API.
- Bomba de vaciado del Separador.

Sexto paso: Presentar el análisis costo/beneficio de la implementación de la mejora planteada al sistema de recolección manual de hidrocarburos en Separador API – Ecopetrol Planta Pozos Colorados.

Se evidencian los beneficios que otorga el sistema con su instalación en la zona de estudio. Principalmente se contempla un modo de asegurar un óptimo funcionamiento del sistema de recolección, Minimizando la intervención manual del operador en el separador. Se crea un impacto positivo también en las condiciones de seguridad en el trabajo, y se elimina el contacto físico o se minimiza gracias a la automatización del sistema.

3.3 Población

(Arias, 2012, pág. 83) Afirma “La población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación.

Teniendo en cuenta la anterior definición, esta investigación tiene como población objetivo el grupo de Operadores de Procesos del Terminal Pozos Colorados en Ecopetrol, el cual está conformado por 1 operador de patio y 1 operador de consola los cuales son los responsables del correcto funcionamiento de los equipos para el recibo y despacho de combustibles de la planta pozos colorados, estas personas son quienes monitorean las variables del sistema y se encuentran expuestas a los combustibles almacenados el cual es nocivo para la salud.

3.4 Técnica de recolección de datos

Según (Arias, 2012) los procedimientos de recolección de datos son la manera que tiene el investigador de conocer el sistema afondo y realizar la investigación a manera óptima. (Arias, 2012, pág. 53). Entre las técnicas de recolección de información están la observación en sus distintas modalidades, la entrevista, el análisis documental, entre otras.

Dada la naturaleza de esta investigación, y en función de los datos que se requerían, las técnicas que se utilizaron fueron:

A. La revisión documental para esto se realizó una búsqueda entre las revistas indexadas y la documentación que tiene la empresa sobre el proceso, también se consultaron proyectos de grado, que brindaron suficiente información sobre el proyecto. Esta técnica de recolección de datos estará apoyada en el análisis documental como instrumento.

B. La Encuesta, según (Arias, 2012, pág. 116) “tiene aplicación en aquellos problemas que se pueden investigar por método de observación, análisis de fuentes documentales y

demás sistemas de conocimiento. La encuesta permite obtener información directa de parte de las personas involucradas, y de la experiencia se obtiene información extra que beneficia al proyecto retroalimentando y corroborando las fuentes anteriormente consultadas. Esta técnica se considera pertinente en la investigación ya que permitió obtener información de la muestra seleccionada, con la finalidad de recopilar todo lo referente al control de lazo cerrado.

3.5 Normativa legal

Resolución 2400 del 22 de mayo de 1979 establecida por la legislación ambiental colombiana, dentro del cumplimiento se deben ejecutar inspecciones y mantenimiento para: tuberías (agua potable y residual), cunetas, pozo séptico, trampas de grasas.

Resolución 186 del 22 de febrero del 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible el cual insta Inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente.

Norma técnica colombiana ISO 14001 del 2004 de acuerdo a su contexto se debe cumplir, con el registro de divulgación de los aspectos e impactos ambientales a grupos de interés, esta norma es la que rige la señalización de los elementos que transportan los elementos peligrosos. La NTC 4435 se encuentra basada en esta ISO por tal motivo, se deben enfocar el proyecto en la ISO 14001.

Resolución 6045 del ministerio del trabajo por el cual, el cual se adopta el Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Decreto 873 correspondiente a salud laboral donde se vigila el desarrollo del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y sus respectivos Sub-programas, que el programa de riesgo se encuentra actualizado, se ha dado cumplimiento al cronograma de inspecciones, se han realizado estudios de ergonomía y se han aplicado las recomendaciones del estudio.

Capítulo 4

4 Resultados de la investigación.

A continuación, se presenta los resultados de la investigación en orden de los objetivos, y razonamiento conforme al marco metodológico expuesto anteriormente.

4.1 Análisis e interpretación de los resultados

Para concretar los objetivos del proyecto, se realizan los siguientes pasos lógicos para poder culminar las metas propuestas anteriormente.

4.1.1 Diagnóstico del Separador API Instalado en Ecopetrol S.A

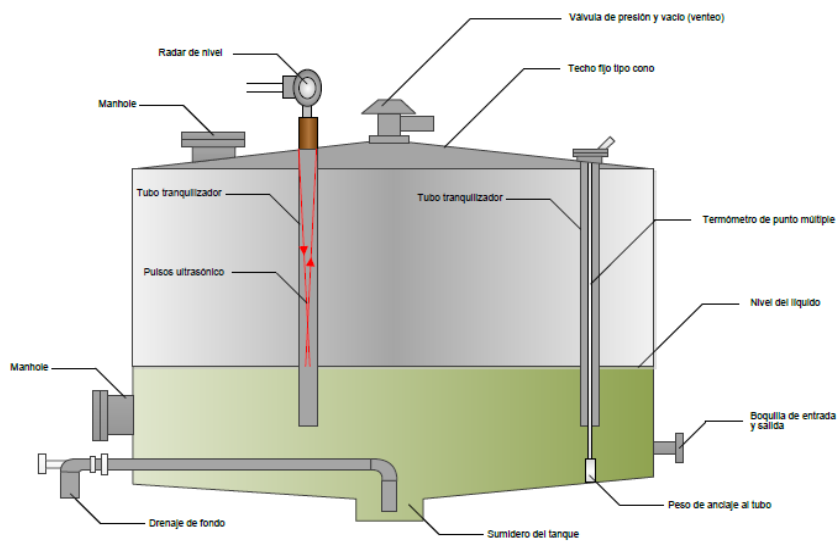
En el proceso del transporte de hidrocarburos, entre cada una de las estaciones de bombeo, hay un conjunto de tanques de almacenamiento (Figura 7). en los que se tienen dos tanques cónico de techo fijo (Figura 8) y dos tanques de techo flotante (Figura 9) los cuales retienen el producto, hasta ser vendido, en Colombia hay una red de oleoductos que interconectan esta sedes, de esa red de oleoductos, pasan dentro de la empresa a una red de tuberías, que llevan el producto a cada uno de los tanques de almacenamiento, estas redes de tuberías se encuentran interconectadas, debido a que por un solo tubo se transportan todos los productos, esto repercute en que después del envío del producto, se utilicen ciertas sustancias detergentes, e incluso agua para limpiar la tuberías que conlleva a que los productos se mezclen dentro de la misma tubería con agua. Al entrar al almacenamiento, por la naturaleza los líquidos más densos bajan y los líquidos con menor densidad suben a la superficie en los tanques de almacenamiento de la terminal pozos colorados mostrados en la Figura 6. provocando que por decantación el agua baje y se deposite en la parte inferior del sistema como lo muestra la Figura 10.

Figura 7: Tanques de almacenamiento de hidrocarburos Terminal Pozos Colorados.



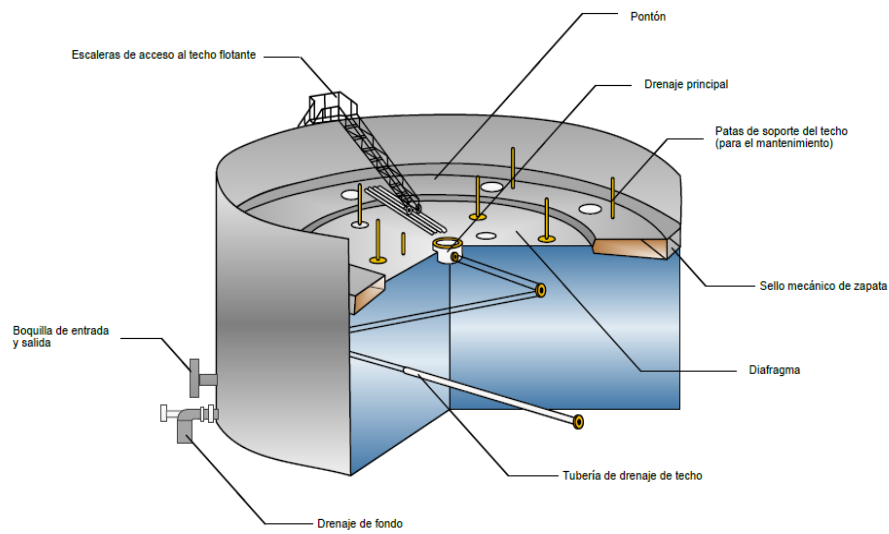
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8: Tanque cónico de techo fijo.



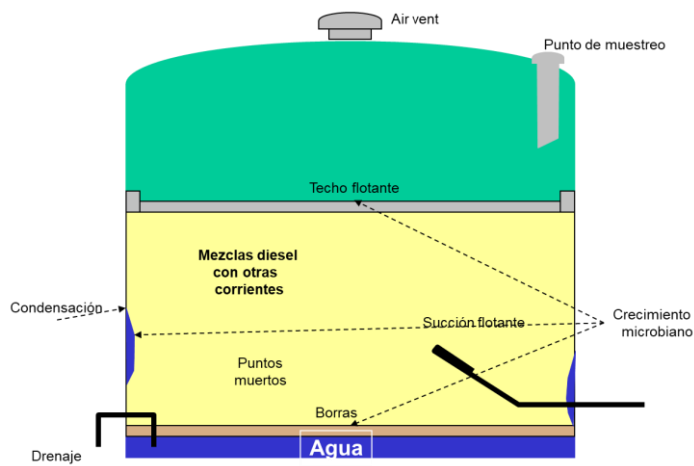
Fuente: Ecopetrol S.A

Figura 9: Tanque de Techo Flotante.



Fuente: Ecopetrol S.A

Figura 10: Decantación de agua en un Tanque almacenamiento de hidrocarburos.



Fuente: Ecopetrol S.A

Un operario por medio de una válvula drena el agua que es conducida por una red de tuberías hacia el separador API (Figura 11).

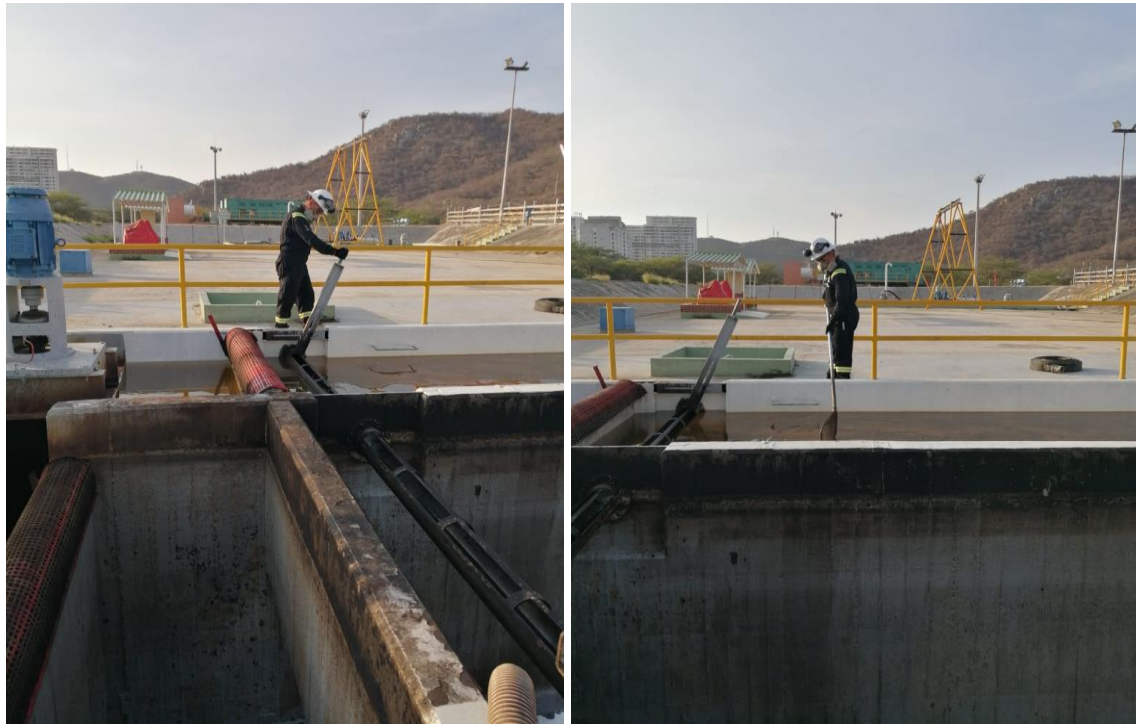
Figura 11 Drenaje de agua en un Tanque.



Fuente: Elaboración Propia.

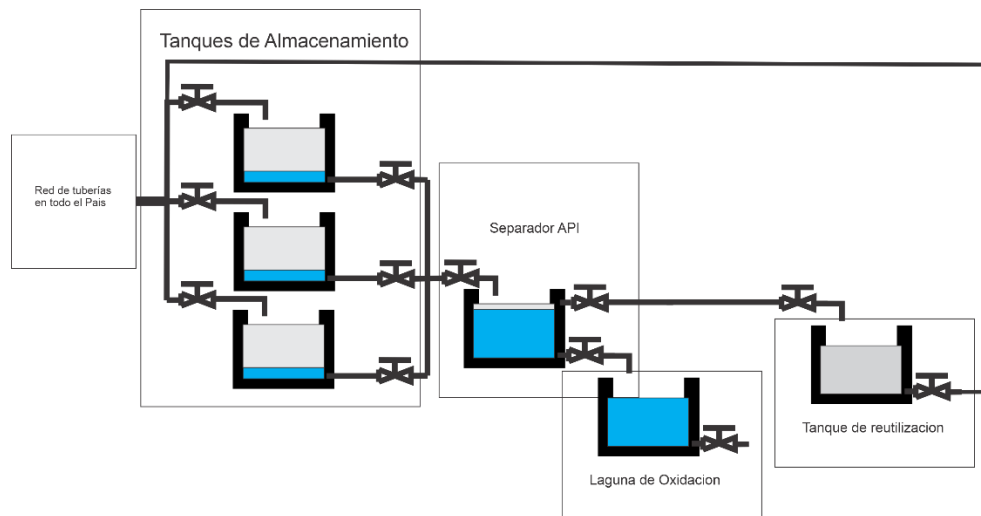
Por decantación, el agua se vuelve a separar del producto, formando una película que se puede recoger mediante una flauta de recolección hacia el tanque de reutilización (Figura 12). El agua restante llega a una laguna de oxidación, donde es evaporada, o es redirigida a un afluente, dependiendo su grado de toxicidad.

Figura 12:Recolección manual de hidrocarburo en el Separador API.



A continuación, se presenta un diagrama general del proceso.

Figura 13:Diagrama del proceso de purga de agua en la planta de Ecopetrol S.A.

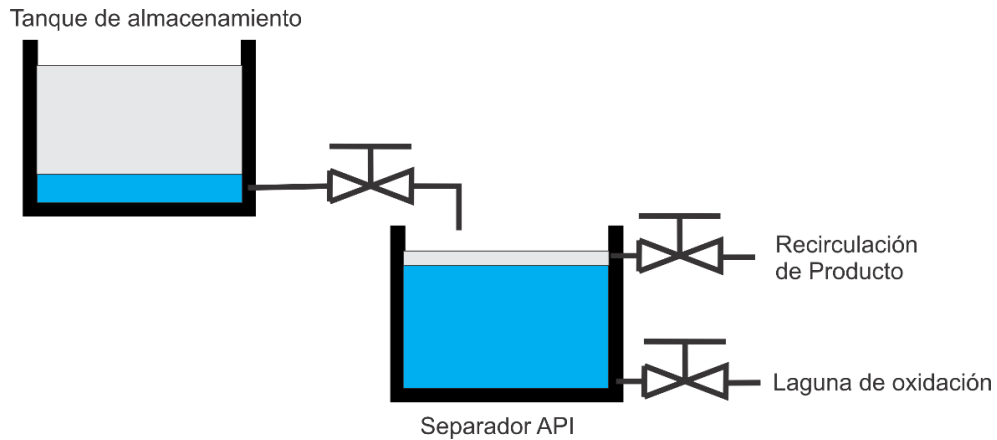


Fuente: Elaboración Propia.

Para entender el papel del separador API, se debe tener en cuenta que los hidrocarburos que viajan por los oleoductos, vienen acompañados de agua y químicos que ayudan a empujarlo y a limpiar la tubería mientras realizan el transporte por el sistema. Al entrar en almacenamiento, el producto contiene agua y químicos que son más densos que el agua,

por el principio de Arquímedes el producto es empujado a la parte superior y el agua a la parte inferior. El separador API es un sistema que succiona el producto en la parte superior y elimina los lodos en la parte inferior, dejando el agua solo para que sea purificada por evaporación en la laguna de oxidación.

Figura 14:Purga de Agua desde el Almacenamiento principal al Separador API.



Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza una inspección visual al separador API instalado en Ecopetrol santa marta, observando que es un separador API tipo tanque expuesto, pero no tiene motores y paletas internas para mantener el fluido en movimiento, las tuberías de alimentación son tuberías de 14" y 4" que llegan al separador de las diferentes dependencias de la empresa donde se producen los principales contactos del agua con los combustibles.

Figura 15:Tuberías de alimentación del separador API.



Fuente: Elaboración Propia.

En la parte superior se puede apreciar el tubo recolector el cual consta de una palanca y una rejilla para filtrar los sólidos.

Figura 16: Flauta de Captación de producto superficial Separador API.



Fuente: Elaboración Propia.

Esta flauta permite recoger el combustible de una manera eficiente atrapándolo en su interior y redirigiéndolo a un tanque para su posterior tratamiento.

La tina principal está compuesta por varios compartimientos separados por agujeros, para dejar pasar solo las sustancias de menor densidad dejando los sólidos de un lado.

Figura 17: Pared de separación de lodos.



Fuente: Elaboración Propia.

Las aletas en el suelo de la piscina se utilizan para atrapar los sólidos al momento en que el skimmer realiza su labor de circulación de agua en el recipiente, los residuos sólidos y lodos, quedan en el fondo dejando el agua limpia como lo indica la Figura 2: Separador API con skimmer.

Figura 18: Vista lateral del Separador API (Trampas de lodos, pared separadora de sólidos y flauta recolectora)



Fuente: Elaboración Propia.

El separador instalado en Ecopetrol, es completamente manual, las válvulas de alimentación se accionan de manera mecánica, gracias a unas válvulas de Bola de cierre rápido de 6”.

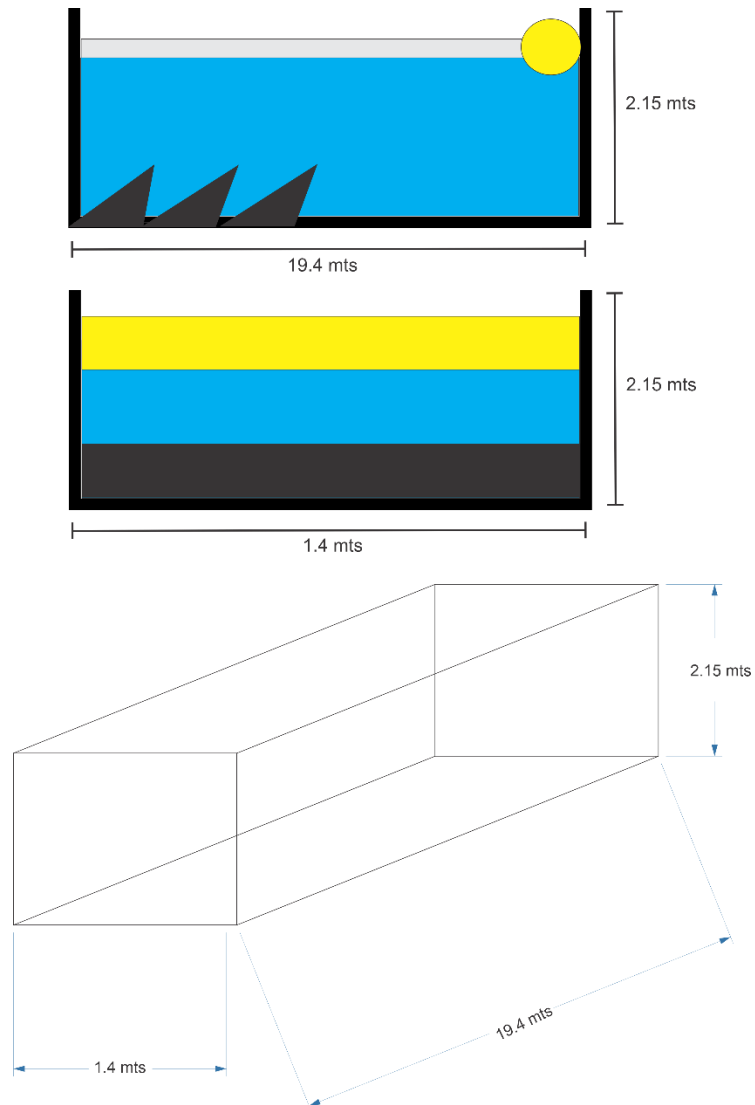
Figura 19: Válvula de salida del producto hacia el tanque de recuperación.



Fuente: Elaboración Propia.

Las dimensiones del separador API se muestran en la siguiente figura.

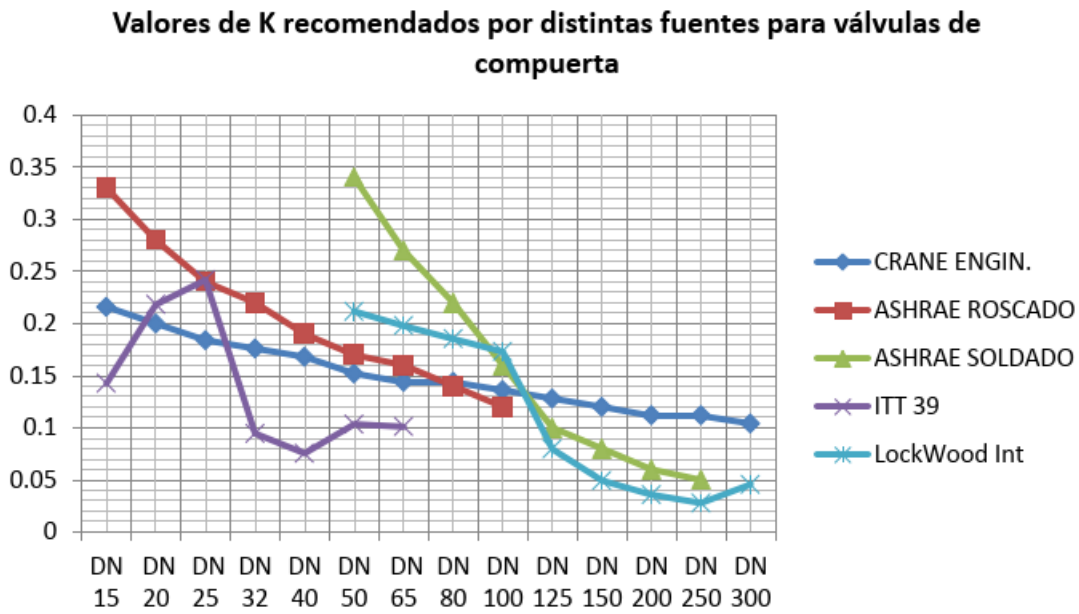
Figura 20: Dimensiones del separador API (Largo en la parte superior, ancho en la parte Inferior).



Fuente: Elaboración Propia.

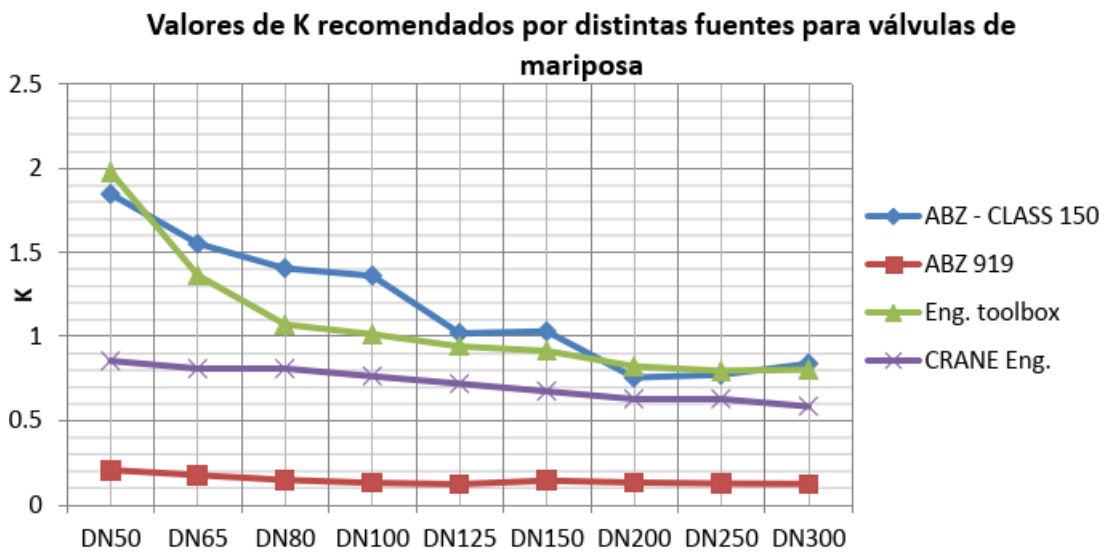
Teniendo las dimensiones del separador, se obtienen por referencia las válvulas con sus respectivas dimensiones. Obteniendo las constantes de las válvulas y de la tubería, para posteriormente realizar el modelamiento matemático del separador API. En la entrada hay una válvula de Cortina (Crane DM150), y a la salida en la parte de la recuperación hay una válvula de mariposa (Crane DM150), y en la parte de la salida para la laguna de oxidación hay una válvula de cortina (Crane DM150).

Figura 21:Valores de K para una válvula de compuerta.



Fuente: Elaboración Propia, (Crane, 1988), (The Engineering Toolbox, 21), (ASHRAE, 2009, pág. 22), (Toyo Valve, 2010).

Figura 22:Valores de K para una válvula de Mariposa.



Fuente: Elaboración Propia, (Crane, 1988), (The Engineering Toolbox, 21), (ASHRAE, 2009, pág. 22), (Toyo Valve, 2010).

El skimmer que va dentro del separador, se encuentra actualmente dentro de las bodegas de la empresa, por tal motivo por ahorrar costes al momento de su implementación se utilizaran los dos tipos de skimmer que se encuentran dentro de las bodegas de la empresa.

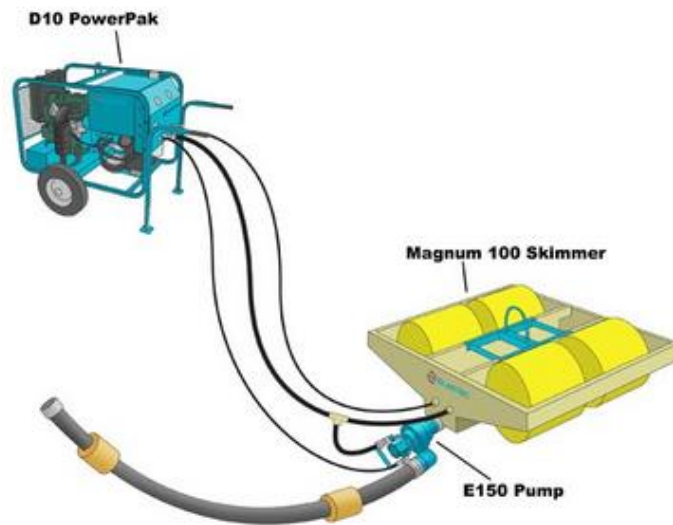
Figura 23: Skimmer almacenado en las bodegas de la empresa.



Fuente: Elaboración Propia.

Estos skimmers se encuentran en la empresa, debido a que también se pueden utilizar en el área marina, para recoger los productos al momento de llevar el producto a un barco. La referencia utilizada es la Manun Skimmer 100, con la unidad de potencia eléctrica D22 y la bomba auto cebante E150, la cual viene también en versiones conformadas por un motor diésel en su presentación portátil, y para el modelo estacionario se utiliza uno con un motor eléctrico y un motor híbrido, estos motores impulsan unas bombas hidráulicas, las cuales mueven una bomba autocebante, que succiona el producto del skimmer y un sistema de potencia para mover los reductores que mueven los tambores con el producto y los raspan en los acumuladores (elastec, 2021).

Figura 24: E150 Elastec, sistema de skimmer + bomba implementado.

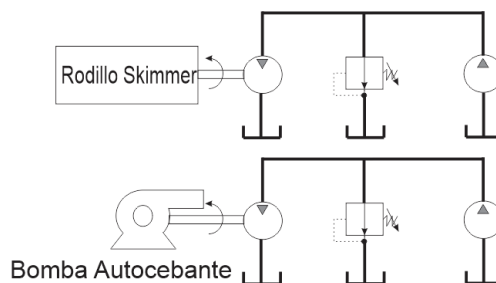


Fuente: (elastec, 2021).

Analizando el sistema y las unidades de potencia, se utilizan sistemas hidráulicos, para evitar una chispa o un mal aterrizaje a tierra, además de al momento de falla en el peor de los casos solo abra un derrame de aceite, en vez de haber un cortocircuito, o en el peor de los casos un incendio, y si lo hay, la unidad estará lo suficientemente lejos para evitar un incendio de mayor magnitud.

Se analiza el sistema de potencia y se saca el diagrama hidráulico, para comprender el sistema a mayor profundidad.

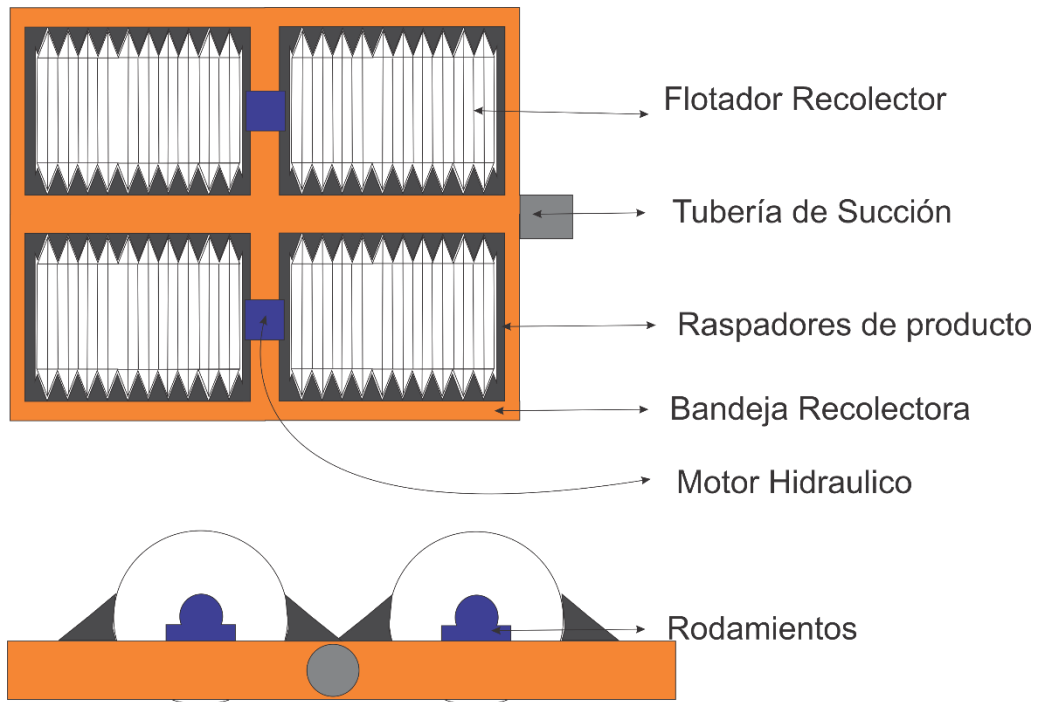
Figura 25: Diagrama Hidráulico del skimmer.



Fuente: Elaboración Propia.

Analizando el sistema y observando las tuberías se saca el sistema Hidráulico, y el cómo está hecho para poder modificarlo más adelante, al momento de automatizar el dispositivo, se observa también al skimmer y se sacan las partes para poder comprender como funciona el skimmer.

Figura 26: Dibujo técnico, despiece del skimmer.

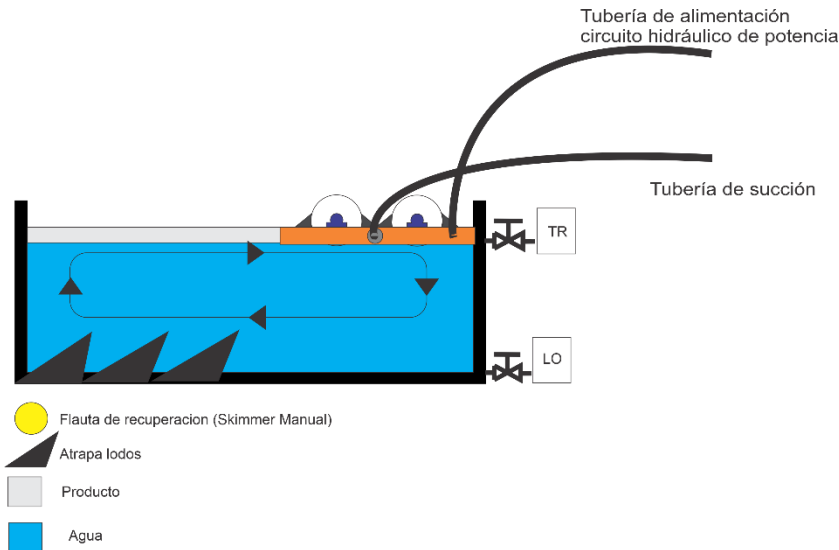


Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, los tambores del skimmer se sumergen donde se encuentra la sustancia, y los tambores además de mantener la flotabilidad del sistema, también recogen el líquido, dentro del agua, que se pega a ellos, estos tambores los mueve una caja reductora, movida por un motor hidráulico, estos tambores giran se impregnan y luego se raspan con las cuchillas raspadoras que la llevan a una bandeja que está unida a un tubo, donde se encuentra la bomba autocebante que impulsa el líquido al tanque de recirculación.

La ubicación del skimmer dentro del separador API se muestra a continuación:

Figura 27: Dibujo técnico, despiece del skimmer.



Fuente: Elaboración Propia.

El skimmer gira en sentido Anti horario, por tal motivo el flujo de agua será circular, y el mismo flujo de agua se encargara de arrastrar el film de producto superficial, hacia el skimmer.

4.1.2 Diagnóstico del problema

Como se puede observar el separador API es completamente mecánico, por tal motivo no existe un monitoreo constante de las variables, que influye en el constante monitoreo manual y toma de muestras exponiendo a los operadores a fuertes olores.

El separador API con Skimmer, instalado en el lugar requiere de 2 sistemas a implementar según la lógica (un control de nivel y un sensor de sólidos y otras variables que requiera la empresa), el control de nivel, se debe implementar debido a la cantidad de entradas de las diferentes dependencias de la empresa que desembocan dentro de ella y un sensor de sólidos, y demás sensores que monitoreen el agua que ingresa y que sale del separador.

Para el desarrollo de este proyecto se realizara un modelo matemático de un tanque de agua, esto debido a que el separador API es un tanque de agua y lodos, también se debe tener en cuenta los distintos exámenes que le hacen a el agua dentro del separador por tal motivo se debe tener en cuenta los distintos sensores y la manera en que debe ser obtenidos los datos del sistema.

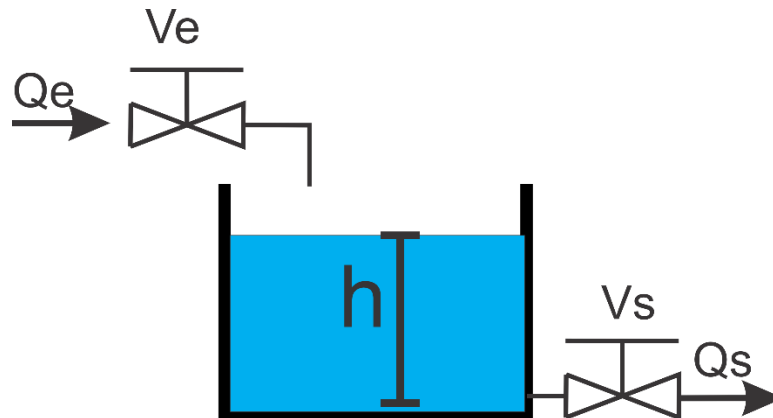
4.1.3 Modelamiento Matemático del sistema caja blanca

Como se puede observar el sistema separa los sólidos por decantación y el movimiento del Skimmer separa los líquidos menos densos y viscosos (Aceite, ACPM... etc), por no tener un sistema de adquisición de datos en tiempo real en campo y la toma de muestras se realiza a mano, no se puede realizar el modelo matemático de la limpieza, para este trabajo, por tal se tomara en cuenta el llenado del Separador por medio de un control on-off, simulado en Matlab, y simulado de forma visual por medio de labview, se realizara el diseño de un sistema de adquisición de datos con los sensores escogidos para este proyecto.

Para modelar matemáticamente el separador API, debe ser considerado el siguiente sistema, tratando de mantener el nivel constante de agua a pesar de la entrada y la salida de agua.

El tanque de almacenamiento no se debe tener en cuenta, debido a que el transporte desde el almacenamiento hasta el separador API no se hace a través de tuberías, sino a través de un sistema de registros abiertos, por tal motivo la salida de agua desde el almacenamiento hasta el separador y la diferencia de presiones es despreciable, por el desnivel desde los tanques hasta la entrada del sistema.

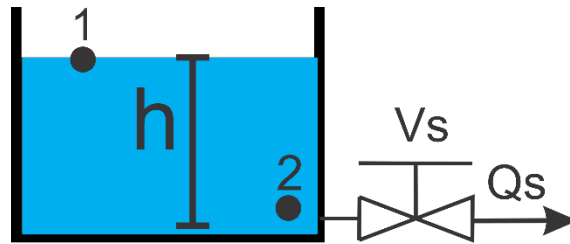
Figura 28: Variables que participan en un tanque de agua.



Fuente: Elaboración Propia, (Serway & Jewet, 1996).

Se debe tener en cuenta que para elaborar un modelo estático, se debe tener en cuenta que la presión entre los puntos 1 y 2, y que dentro del tanque hay una masa de agua m y una velocidad de salida v cuando la válvula de salida (V_s) se encuentra totalmente abierta. se obtiene:

Figura 29: Inicio del modelamiento matemático.



Fuente: Elaboración Propia (Serway & Jewet, 1996).

Ecuación 1: conservación de la energía.

$$P_2 = P_1$$

Aplicando la ley de la conservación de la energía, la presión 1 es igual a la presión de salida en la válvula 2, debido a la presión barométrica en el área del tanque con respecto a la altura, y la salida por un orificio mas pequeño se obtiene que la presión en la entrada es igual que en la salida.

La presión en el punto 1 es igual en el punto 2, por el principio de la conservación de la energía se obtiene:

Energía cinética= $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ (Serway & Jewet, 1996, pág. 194)

Energía Potencial= $E_p = mgh$ (Serway & Jewet, 1996, pág. 221)

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

Donde $\frac{1}{2}mv^2$ es la energía cinética de la salida del tanque y mgh es la energía potencial del mismo.

Al despejar la velocidad de la masa se obtiene:

$$v^2 = \frac{2mgh}{m}$$

Ecuación 2: velocidad de un líquido en un tanque.

$$v = \sqrt{2gh}$$

El flujo de salida de una sección transversal **S**. se representa por la ecuación:

Ecuación 3: Flujo de salida en la sección transversal de un tanque.

$$Q = Sv$$

Al reemplazar la ecuación 2 en 3 se obtiene:

Ecuación 4: Flujo de un líquido en una sección transversal.

$$Q = S\sqrt{2gh}$$

Se considera que la alimentación del tanque se va a realizar por medio de una válvula y la salida también se va a realizar por medio de una válvula, por tal motivo la ecuación que rige el flujo de salida de una válvula es el siguiente:

Ecuación 5: flujo en una válvula.

$$Q_v = K_v A_v \sqrt{\Delta P}$$

Donde:

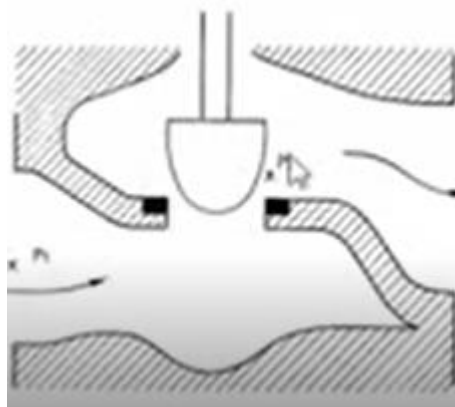
Q_v es el caudal que pasa sobre la válvula.

K_v es la constante que rige a la válvula

A_v es el Area de la válvula

ΔP es la diferencia de presión entre la entrada y la salida.

Figura 30: Flujo en una Válvula Hidráulica.

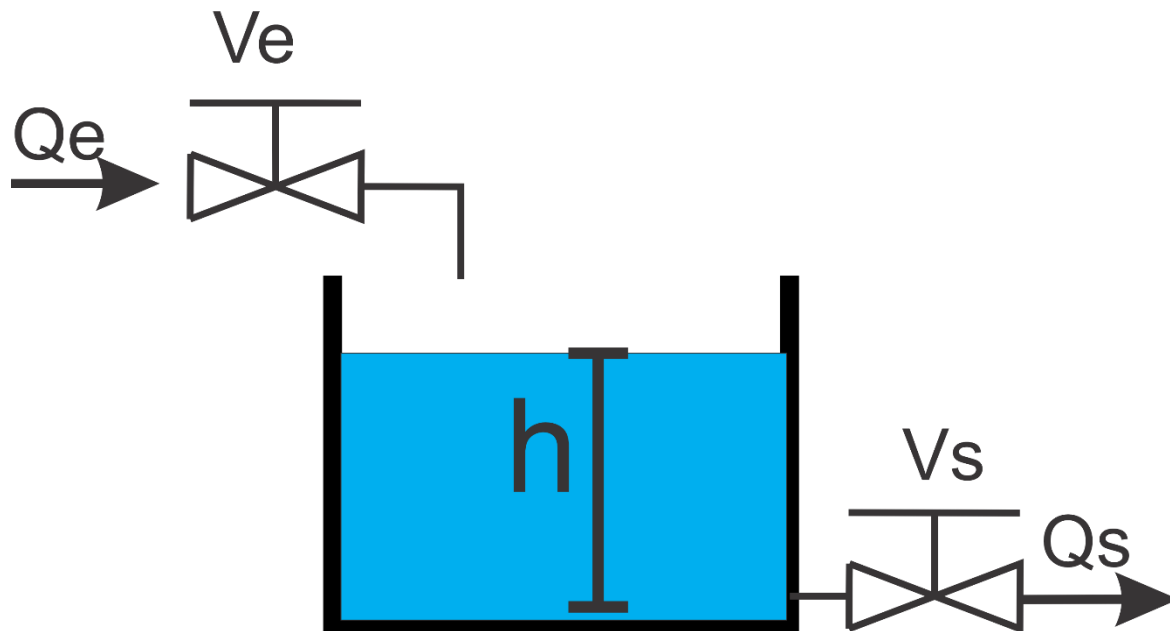


Fuente: (Plaza Gálvez, 2017).

Ahora para sacar el modelo matemático del sistema se debe tener en cuenta que la válvula de alimentación puede ser tomada como una perturbación, debido a que no va estar abierta

constante mente, por tal motivo se analizará el tanque desde la perspectiva de su salida. Teniendo en cuenta esto se presenta la siguiente grafica

Figura 31: Variables que influyen en el llenado de un tanque (Separador API).



Fuente: Elaboración Propia (Serway & Jewet, 1996).

Como se puede observar solo de esta grafica se puede sacar la siguiente ecuación diferencial.

Ecuación 6: ecuación de la altura de un líquido con dos válvulas (entrada y salida) en estado estacionario.

$$A \frac{dh}{dt} = Q_e - Q_s$$

(Adam, 2020, pág. 63)

Donde:

A es el área del tanque.

Q_e es el caudal de entrada

Q_s es el caudal de salida.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el caudal que entra a la válvula está regido por la Ecuación 5: flujo en una válvula. (Plaza Gálvez, 2017).

Suponiendo que en la entrada hay un suministro constante de líquido debido a que los tanques de producto son considerablemente grandes (36000 G) se procede a tener en cuenta que el flujo es proporcional a la apertura de la válvula, por tanto.

$$Q_e = K_e A_e$$

Para la salida, se tiene que tener en cuenta que la presión en el tanque se evaluó en la ecuación

$$Q_s = K_s A_s \sqrt{2gh_2}$$

Donde h_1 es la altura del separador API.

Reemplazando las Q_e y Q_s en Ecuación 6: ecuación de la altura de un líquido con dos válvulas (entrada y salida) en estado estacionario. Se obtiene, que:

$$A \frac{dh}{dt} = Q_e - Q_s$$

Ecuación 7: ecuación dinámica del tanque.

$$A \frac{dh}{dt} = K_e A_e - K_s A_s \sqrt{2gh_2}$$

Siendo las válvulas de entrada y salida iguales, se debe tener en consideración que válvula va a llevar el control del tanque, en el caso del separador API la válvula de salida controla el nivel del separador, mientras que la entrada es la perturbación, debido a la caída del agua desde los tanques de productos, por tal motivo el control se debe hacer en la válvula de salida, debido a que el flujo de entrada no es constante, por tal motivo se toma a la entrada como una perturbación ya que la válvula de salida mantendrá el agua a nivel con respecto a la válvula de alimentación.

Como se puede observar la ecuación diferencial no es lineal, por tanto se debe normalizar, por tal motivo se halla el punto de equilibrio, asumiendo que la perturbación es igual a la salida del sistema, por tal motivo:

$$Q_e = Q_s$$

$$K_e A_e = K_s A_s \sqrt{2gh_2}$$

La altura del separador API es variable, desde ahora en adelante h_2 será H_0 para hallar el punto de equilibrio y hacer el cambio de variable. Por tal motivo:

$$K_e A_e \sqrt{2gh_1} = K_s A_s \sqrt{2gH_0}$$

$$(K_e A_e)^2 = (K_s A_s)^2 2gH_0$$

$$\frac{(K_e A_e)^2}{2g(K_s A_s)^2} = H_0$$

Como son las mismas válvulas, y la misma apertura se obtiene que:

$$\frac{1}{2g} = H_0 = 0.051 \text{ mts}$$

Para linealizar se utiliza las series de Taylor, variando la entrada y dejando la salida constante como se había propuesto anteriormente, de tal manera que:

Ecuación 8: serie de Taylor equivalente.

$$f(a_e, h) = A \frac{dh}{dt}$$

$$f(a_e, h) \approx f(\bar{a}_e, \bar{h}) + \left. \frac{\partial f}{\partial a_e} \Delta a_e \right|_{(\bar{a}_e, \bar{h})} + \left. \frac{\partial f}{\partial h} \Delta h \right|_{(\bar{a}_e, \bar{h})}$$

Donde:

$$\Delta a_e = a_e - \bar{a}_e$$

$$\Delta h = h - \bar{h}$$

Reemplazando en la Ecuación 7: ecuación dinámica del tanque. En la serie de Taylor Se obtiene que:

$$A \frac{dh}{dt} = K_e A_e - K_s A_s \sqrt{2gh_2}$$

$$f(a_e, h) \approx K_e \bar{a}_e - K_s A_s \sqrt{2g\bar{h}} + K_e \Delta a_e - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

$$K_e \bar{a}_1 - K_s A_s \sqrt{2g\bar{h}} = A \left. \frac{dh}{dt} \right|_{(\bar{a}_1, \bar{h})}$$

$$f(a_e, h) \approx A \left. \frac{dh}{dt} \right|_{(\bar{a}_e, \bar{h})} + K_e \Delta a_e - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

Se iguala la ecuación con la Ecuación 8: serie de Taylor equivalente.

$$f(a_e, h) = A \frac{dh}{dt}$$

$$A \frac{dh}{dt} \approx A \left. \frac{dh}{dt} \right|_{(\bar{a}_e, \bar{h})} + K_e \Delta a_e - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

$$A \frac{dh}{dt} - A \left. \frac{dh}{dt} \right|_{(\bar{a}_e, \bar{h})} \approx K_e \Delta a_e - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

$$A \frac{dh}{dt} - A \left. \frac{dh}{dt} \right|_{(\bar{a}_e, \bar{h})} = A \frac{d\Delta h}{dt}$$

$$A \frac{d\Delta h}{dt} \approx K_e \Delta a_e - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

La ecuación se linealiza con el cambio de variable, se aplica la transformada de Laplace para obtener la función de transferencia de la siguiente manera.

$$A s h(s) = k_e a_e(s) - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} h(s)$$

Se despeja la $h(s)$ para obtener la función de transferencia.

$$h(s) \left(A s + K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \right) = k_e a_e(s)$$

$$\frac{h(s)}{a_e(s)} = \frac{k_e}{\left(A s + K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \right)}$$

Este modelo matemático se obtiene al dejar abierto la válvula de salida variando la entrada, ahora para terminar el modelo matemático, se debe realizar la operación contraria,

variando la salida y dejando la entrada por tal motivo se toma la ecuación base y se linealiza con Taylor en función $f(a_s, h)$ de la siguiente manera.

$$f(a_s, h) \approx f(\bar{a}_s, \bar{h}) + \left. \frac{\partial f}{\partial a_s} \Delta a_e \right|_{(\bar{a}_s, \bar{h})} + \left. \frac{\partial f}{\partial h} \Delta h \right|_{(\bar{a}_s, \bar{h})}$$

$$A \frac{dh}{dt} = K_e A_e - K_s A_s \sqrt{2gh_2}$$

$$f(a_s, h) \approx A \left. \frac{dh}{dt} \right|_{(\bar{a}_s, \bar{h})} - K_s \sqrt{2g\bar{h}} \Delta a_s - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

$$A \frac{d\Delta h}{dt} \approx -K_s \sqrt{2g\bar{h}} \Delta a_s - K_s A_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \Delta h$$

Se le aplica la Transformada de Laplace

$$As h(s) = -K_s \sqrt{2g\bar{h}} a_s(s) - K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} h(s)$$

$$h(s) \left(As + K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \right) = -K_s \sqrt{2g\bar{h}} a_s(s)$$

$$\frac{h(s)}{a_s(s)} = - \frac{K_s \sqrt{2g\bar{h}}}{\left(As + K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \right)}$$

Al sumar las dos funciones de transferencia por el teorema de la superposición se puede obtener la salida de la siguiente manera.

Ecuación 9: Función de transferencia una salida 2 entradas.

$$h(s) = \frac{k_e a_e(s)}{\left(As + K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \right)} - \frac{K_s a_s(s) \sqrt{2g\bar{h}}}{\left(As + K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}} \right)}$$

Como el área de apertura y cierre son iguales debido a que son las mismas válvulas se obtiene:

$$h(s) = \frac{k_e a_e(s)}{\left(As + K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}}\right)} - \frac{K_s a_s(s) \sqrt{2g}}{\left(As + K_s \bar{a}_s \frac{\sqrt{2g}}{2\sqrt{\bar{h}}}\right)}$$

De esta manera se obtiene la ecuación de transferencia del tanque, equivalente al separador API.

Como k es la constante de apertura de la válvula, y a el área de apertura de la válvula, se reemplazan los valores obtenidos en campo, como es el área del separador API, las constantes de las válvulas, la gravedad. Se obtienen de los manuales, y de la gráfica hecha en la compuerta. Y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Remplazando todos los valores se obtiene:

$$k_e = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$k_s = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = (1.4 \text{ m})(19.4\text{m}) = 27.16 \text{ m}^2$$

$$\bar{a}_s = \bar{a}_e = 0.032 \text{ m}^2$$

$$g = 9.8 \text{ m}/\text{s}^2$$

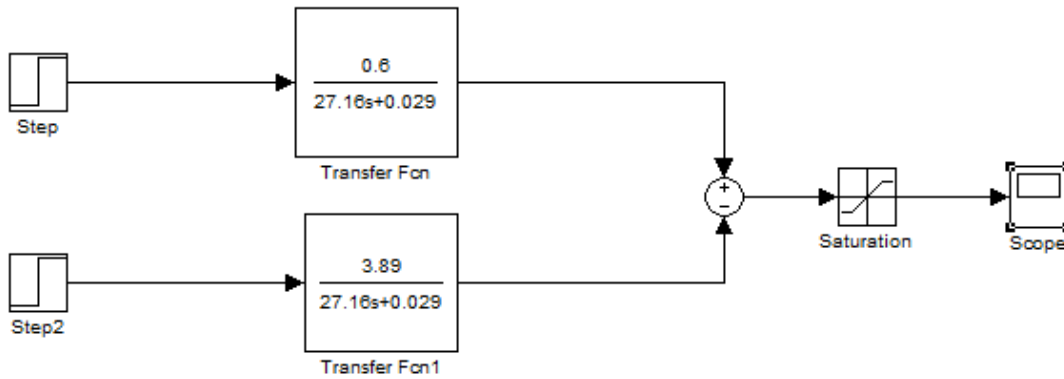
$$\bar{h} = 2.15 \text{ m}$$

$$h(s) = \frac{(0.6) a_e(s)}{\left((27.16) s + (0.6)(0.032) \frac{\sqrt{2(9.8)}}{2\sqrt{2.15}} \right)} - \frac{(0.6) a_s(s) \sqrt{2(9.8)(2.15)}}{\left((27.16) s + (0.6)(0.032) \frac{\sqrt{2(9.8)}}{2\sqrt{2.15}} \right)}$$

$$h(s) = \frac{(0.6) a_e(s)}{(27.16) s + 0.029} - \frac{(3.8949) a_s(s)}{(27.16) s + 0.029}$$

Al modelarlo en simulink, se debe tener en cuenta los límites físicos de la piscina, por tal motivo a la salida se le coloca un limitador y se asume que a mayor apertura, se rebosara el sistema.

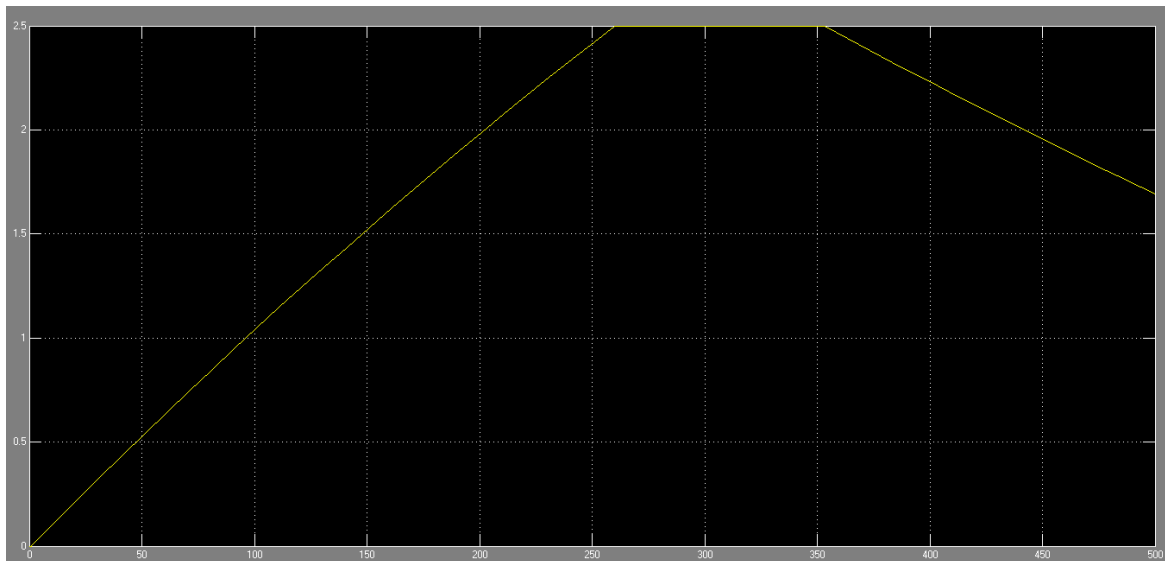
Figura 32: Modelo Matemático Diagrama de bloques.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, demora un tiempo en alcanzar la altura y comienza a rebosarse, y después comienza a disminuir al abrir la válvula de salida.

Figura 33: Grafica de Altura del tanque modelado.



Fuente: Elaboración Propia.

Ya terminado el modelamiento, se pasa a realizar un control on-off, el modelo matemático anteriormente mostrado, sirve para probar el comportamiento en una simulación, pero en el mismo modelo no se tiene en cuenta la viscosidad del líquido y otros factores que hacen que la simulación pueda hasta incluso fallar, por tal motivo se procede a establecer la lógica de automatización.

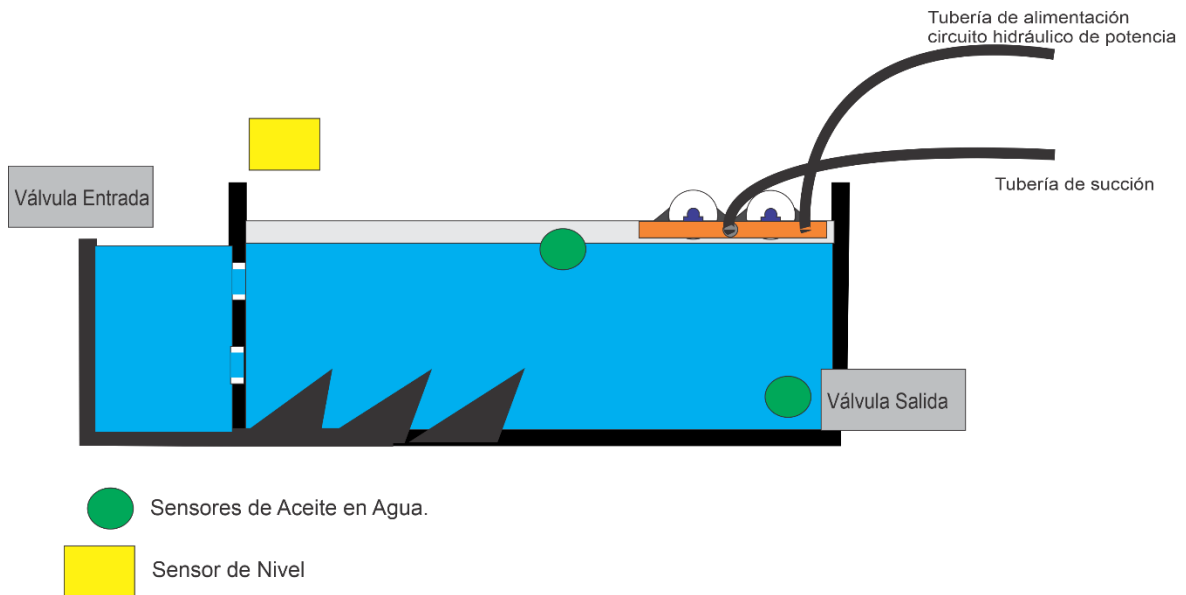
4.1.4 Lógica de para automatizar el sistema.

Para establecer la lógica de la automatización, se analiza la situación del sistema. Si se abre la válvula de los tanques de almacenamiento, entonces el separador API se llenara, si el separador API se llena, se debe cerrar al llegar al máximo. Si se sienta y por decantación enciende el skimmer, si baja el nivel, abre la válvula, si el agua en el medio está limpia, entonces pasa el agua a la laguna de oxidación.

Para conocer si el líquido se sienta o no, y si el agua deja de estar turbia o no, se debe buscar un sensor que pueda identificar si el agua contiene partículas de aceite o no, para este proyecto se seleccionó un sensor que permite identificar el porcentaje de aceite en agua y entregarlo en un rango de 4-20 ma, por tal motivo la lógica se realizara con 2 sensores, uno para verificar si el agua se separó del aceite, y el otro que encienda el skimmer al detectar un porcentaje de aceite cerca del. Se debe conocer en todo momento el nivel del líquido, por tal motivo se debe buscar un sensor de nivel.

Con base a lo anterior se realiza un dibujo del separador API con el skimmer instalado, y con los sensores, donde se pueden instalar para maximizar el proceso y tener una idea para elaborar una lógica, con la que se pueda comprender mejor la solución del problema.

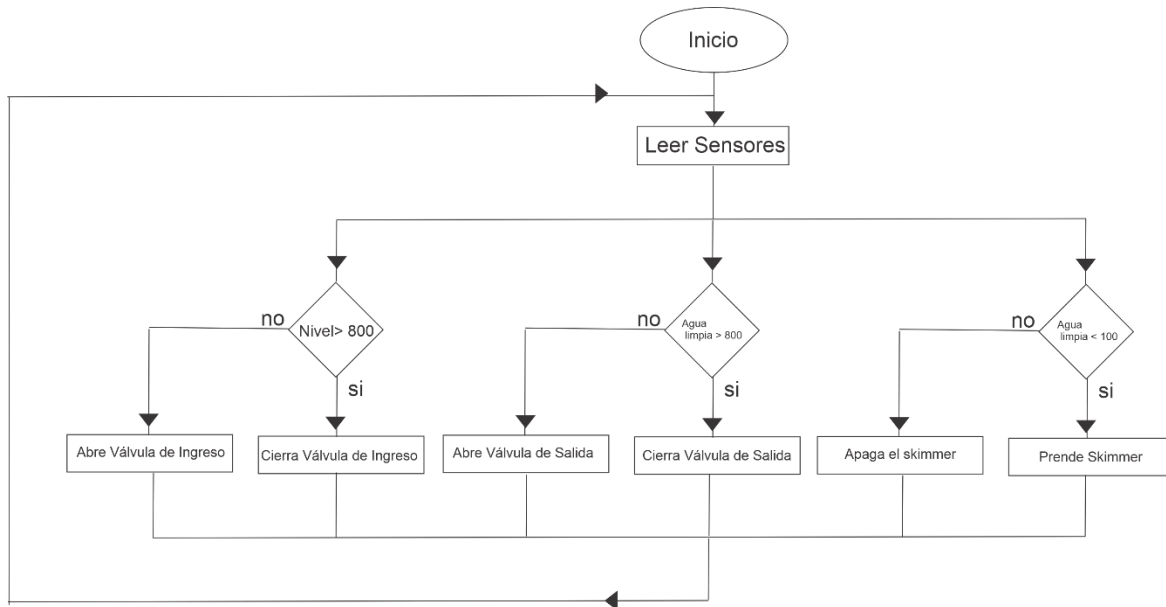
Figura 34: Posible ubicación de los sensores en el separador API.



Como se puede observar en la figura anterior, se coloca un sensor en la apertura de la válvula de salida, con la intención que el sistema detecte si el agua se encuentra limpia, por la decantación, esta agua al momento de la apertura se desplazara hacia la laguna de oxidación, el otro sensor se coloca en la superficie, para que controle el encendido y el apagado del skimmer. Y el sensor de nivel, se coloca lejos del skimmer, con la intención de evitar las turbulencias superficiales, debido al movimiento de los tambores.

Con base al conocimiento adquirido en las visitas y el bosquejo anteriormente mostrado, se procede a elaborar un diagrama de flujo del sistema.

Figura 35:Diagrama de flujo automatización Separador API.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar Figura 35:Diagrama de flujo automatización Separador API., primero se leen los sensores, después se toman 3 decisiones en paralelo, que son:

Si el nivel es mayor de 800, entonces cierra la válvula de ingreso al separador API, sino Abre la válvula, todo con el fin de mantener el flujo de agua constante, sino hay agua en la entrada del separador api, el nivel continuara bajando mientras el skimmer lo permita (si el skimmer no encuentra más aceite, entonces el agua no se adhiere al polímero, por tal motivo el skimmer continuara rodando hasta que saque todo el aceite de la superficie “de esta función se encarga la última sentencia”).

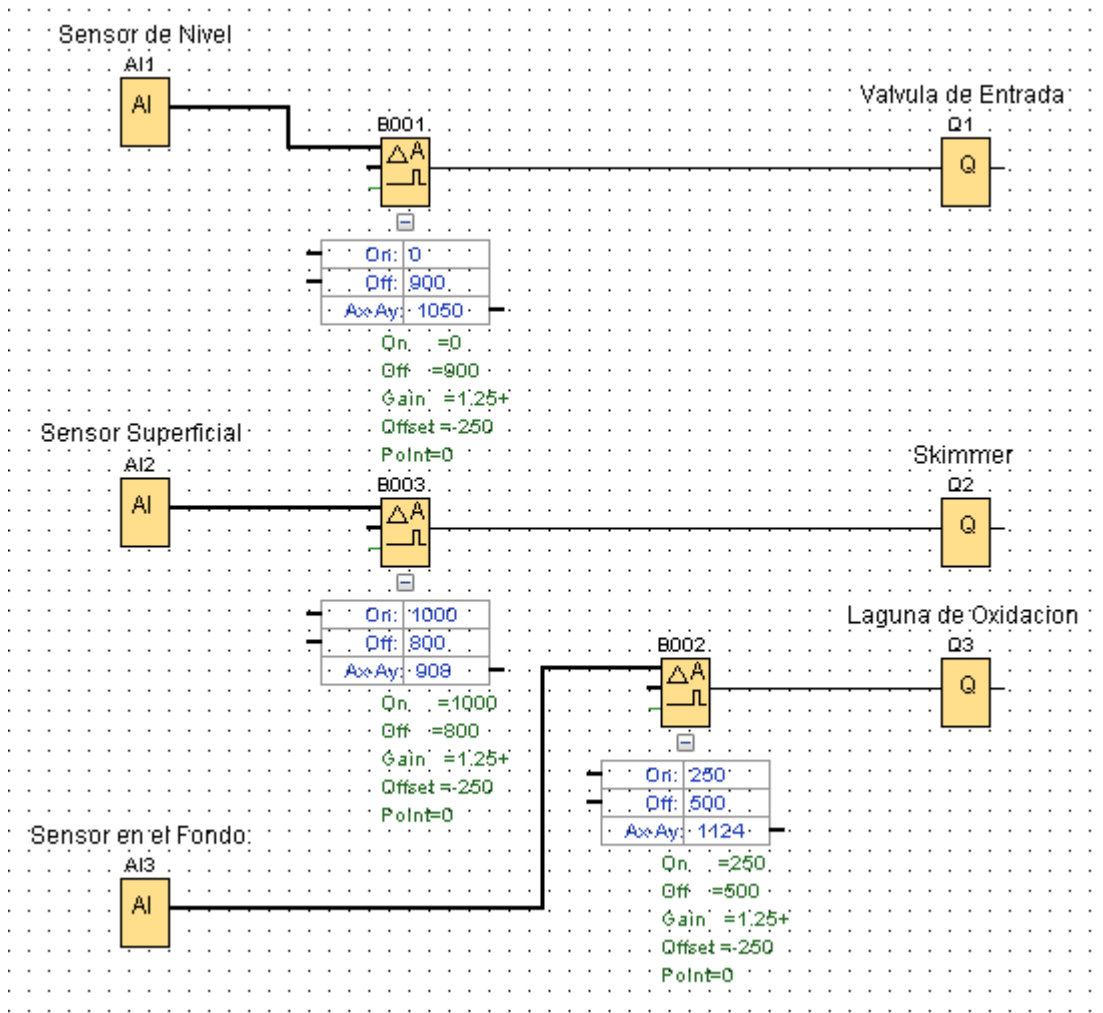
Si el agua en la parte baja contiene poco aceite por porcentaje de concentración entonces abre la válvula que va hacia la laguna de oxidación, si la concentración de aceite se incrementa, cierra la válvula de la laguna de oxidación con el fin de que no pase el aceite.

Si en la parte superior hay alta concentración de aceite, entonces enciende el skimmer, para remover el sistema. Si hay baja concentración de aceite apaga el skimmer, para que no trabaje en vacío la bomba autocebante ni los flotadores, evitando el desperdicio de energía.

Al finalizar estas decisiones, el sistema vuelve a leer las variables y continúa.

Para probar la lógica, se hace una simulación con el software, logosoft, además de elaborar un circuito lógico con Logo, que permita correr aplicación dentro de estos autómatas.

Figura 36: Lógica de programación en LogoSoft.

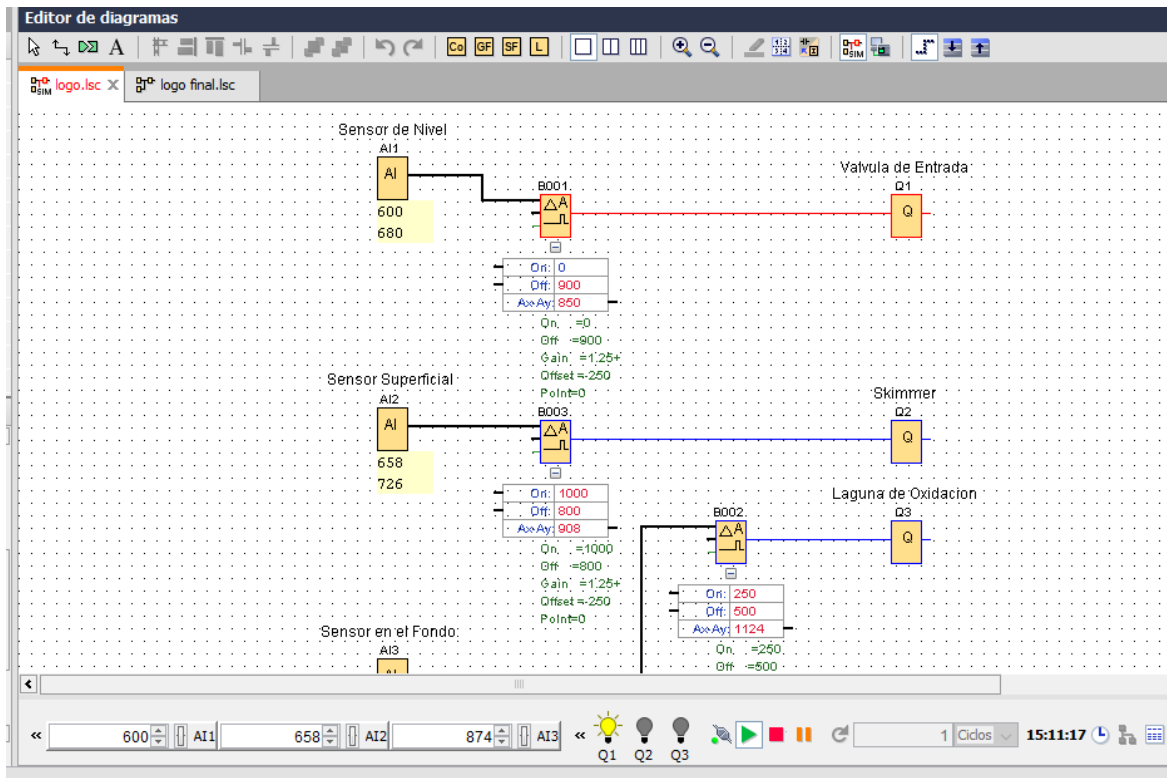


Fuente: Elaboración Propia.

En los comparadores se colocan las condiciones de encendido y apagado dejando los valores aproximados, cuando se escoja el sensor, se deben reemplazar los valores dentro del programa, estos sensores deben ser de 4-20 mA.

Al momento de simular, se baja el valor del sensor de altura, para poder hacer cumplir la primera condición.

Figura 37:simulación de la primera premisa.

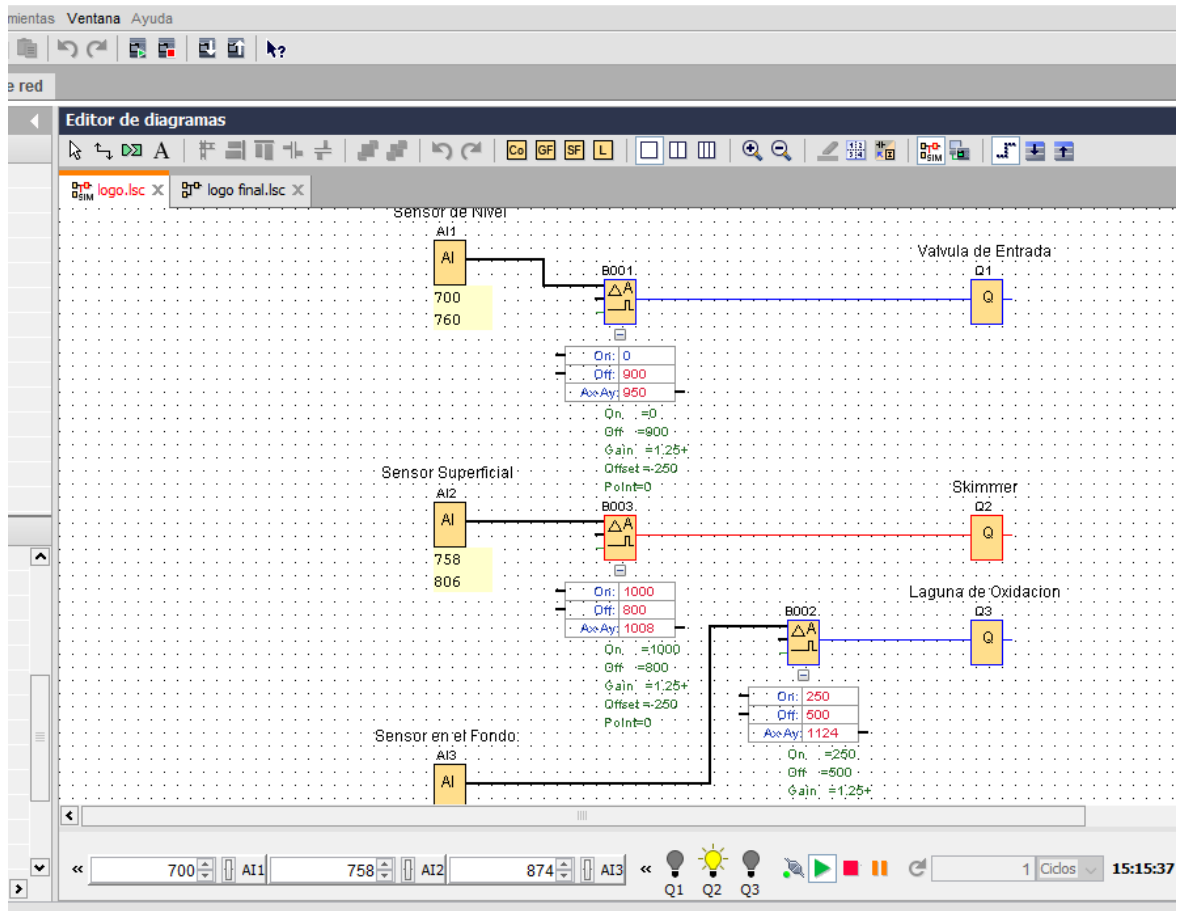


Fuente: Elaboración Propia.

Al subir el sensor (incrementar la altura), el sensor de apagar la válvula de entrada.

Al aumentar el valor del segundo sensor, que el sensor superficial, debe prender el skimmer, si el sensor se encuentra bajo nivel, se debe apagar el skimmer.

Figura 38: Prueba del sensor superficial de Aceite en Agua.

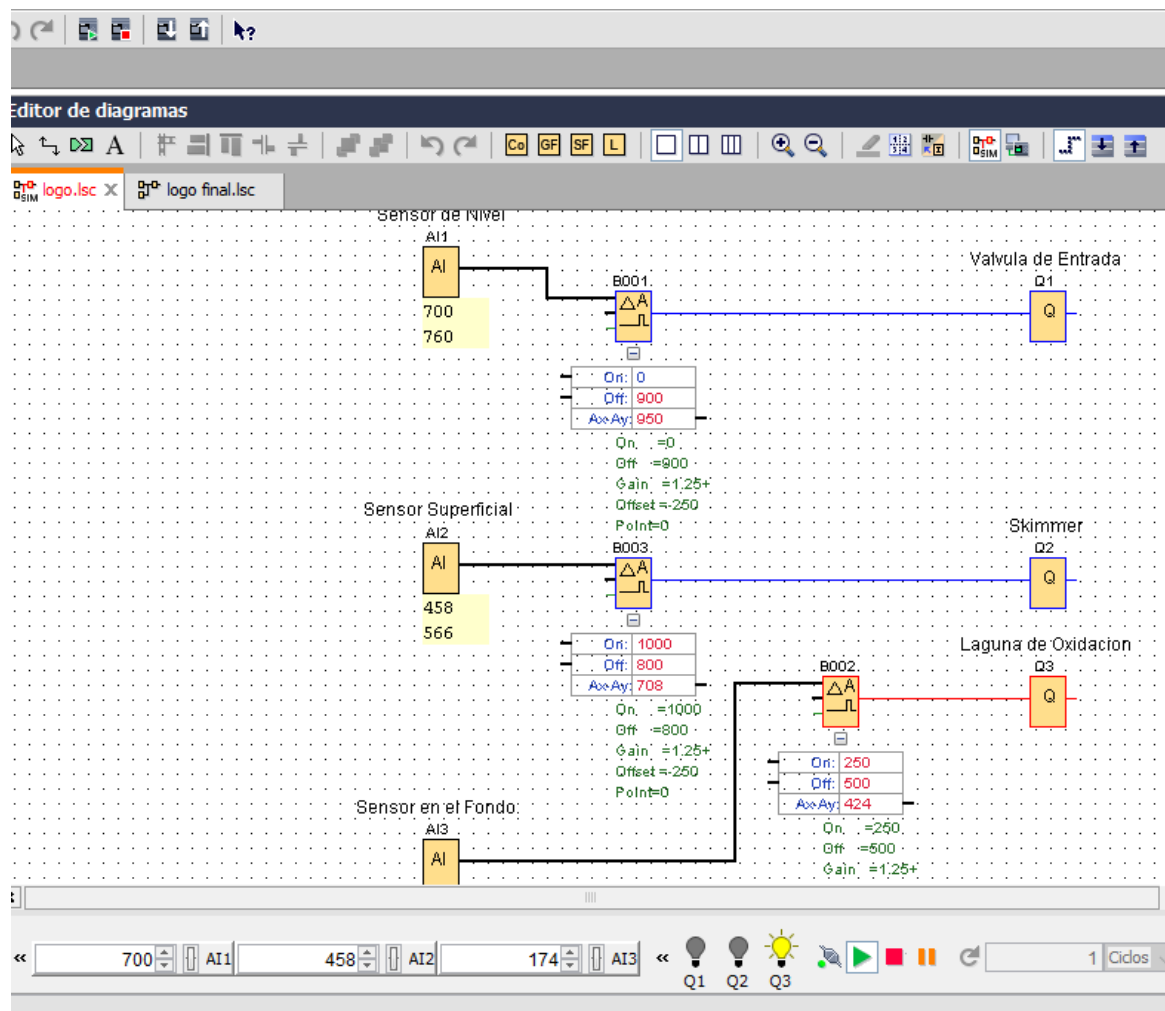


Fuente: Elaboración Propia.

Al incrementar bajar el nivel de aceite, se debe apagar el skimmer, debido a que no debe haber una película de producto a recuperar.

Al disminuir la concentración de aceite en el sensor más abajo, debe abrir la válvula de salida. Si la concentración es muy alta, debe cerrar la válvula para que el producto no pase a la laguna de oxidación.

Figura 39: Prueba del sensor inferior de concentración de Aceite en Agua.



Fuente: Elaboración Propia.

Al subir el nivel de concentración de aceite se cierra la válvula.

Como se observa la simulación, la lógica es correcta, por tal motivo, se procede a Diseñar el sistema eléctrico Mecánico y se procede a escoger los sensores y las Electro Válvulas, utilizando un logo apropiado para el funcionamiento del sistema.

4.1.5 Selección de sensores y de electroválvulas para la automatización del Separador API con el skimmer.

Se debe tener en cuenta que todo el proceso es manual, incluyendo las electroválvulas, por tal motivo se deben seleccionar las electroválvulas para reemplazar o colocar a la salida de las que están para mantener el sistema en caso de falla, simplemente sea

energizar las válvulas y ejercer la operación manual, también se debe tener en cuenta un sensor que pueda medir la cantidad de aceite en un ambiente acuático, y en la investigación se encontraron los siguientes materia.

Para la selección de la válvula, se tiene en cuenta la operación, que no se pueden utilizar válvulas eléctricas, por tanto se contactó con un grupo de proveedores, los cuales no tenían en su inventario válvulas con accionamiento hidráulico, la empresa Cowan Dynamics, tiene un sistema de actuador que se coloca en el sistema de perilla, el cual lo convierte en una reductora hidráulica, automática. La referencia del actuador es Serie C6A actuadores hidráulicos API 6ª, los cuales son utilizados para automatizar válvulas mecánicas para aplicaciones en refinerías, con solo adaptarle una unidad de potencia y garantizar la presión de apertura para el caso del encendido y suspender la aplicación de presión hidráulica para el cierre, además que se puede desconectar y colocar su apertura manual.

Figura 40: Actuador conversor hidráulico mecánico para válvulas mecánicas.



Fuente: (Cowan Dynamics, 2020).

Este actuador se puede acoplar a todo tipo de válvulas, además de contar con unas electroválvulas de accionamiento de emergencia, un tanque acumulador, un sistema de acumulación de presión mecánica.

Para este proyecto solo se utilizara la parte hidráulica, si hay presión abre, si no hay presión cierra. Esto gracias a su sistema patentado de resortes y motores, ideal para el uso mediante varios tipos de accionamiento.

Para el acoplamiento, solo se requiere quitar la manigueta mecánica y acoplar el sistema directamente a través de un eje centrado, el eje viene junto con el kit de instalación, este actuador garantiza 10 Vueltas de apertura y 10 de cierre (máximo 30), con la acumulación de presión en el tanque.

Para el sensor se escoge el sensor de aceite en agua Sensor de aceite en agua FP360 sc de la empresa HACH, la sonda está hecha de titanio, lo que le permite trabajar en ambientes agresivos de trabajo rudo, además de trabajar con tensiones y corrientes pequeñas.

Figura 41: Sensor de aceite en agua FP360 sc



Fuente: (HACH, 2015).

Este sensor viene en varias presentaciones de detección de partículas de aceite en agua, para esta aplicación se escoge el LXV441.99.12101, que permite detectar de 0.1 a 15 mg de aceite en 1 litro agua, brindando una respuesta de 4-20 mA, y una elongación del cable hasta el sensor

El cableado para los sensores debe soportar inmersión en agua y aceite, corrosión, por tal motivo se escoge el cable centelsa, para instrumentación y control de 4 hilos, con recubrimiento en caucho de nitrilo resistente al petróleo y sus derivados (centelsa).

Para el control se va a diseñar con base a Logo, que es un sistema siemens, de fácil implementación y robusto, con 2 módulos de expansión análogo AM2, se escoge como modulo principal el Logo V8, por comodidad y que es la versión actual del sistema para no tener problemas de compatibilidad en el futuro.

Figura 42: Logo V8 Siemens.



Fuente: (Siemens, 2020).

Figura 43: módulo de Expansión analógico AM2 Siemens.



Fuente: (Siemens, 2020).

Este autómatas es robusto y de fácil aplicación e implementación, además es común y se puede encontrar en cualquier tienda de productos industriales, siendo Siemens el líder en automatización y control.

Para el sensor de nivel, se escoge uno que por su robustez y seguridad se utiliza en la industria, que es el Scully portable 5 Hilos, que puede ser colocado en cualquier plataforma, además de tener una distancia de detección de líquidos de 4 mts, desde la boquilla hasta la sustancia, se aconseja para aplicaciones en refinerías, por su diseño en titanio (SCULLY, 2018).

Figura 44: Sensor de nivel de Agua Scully Exterior.



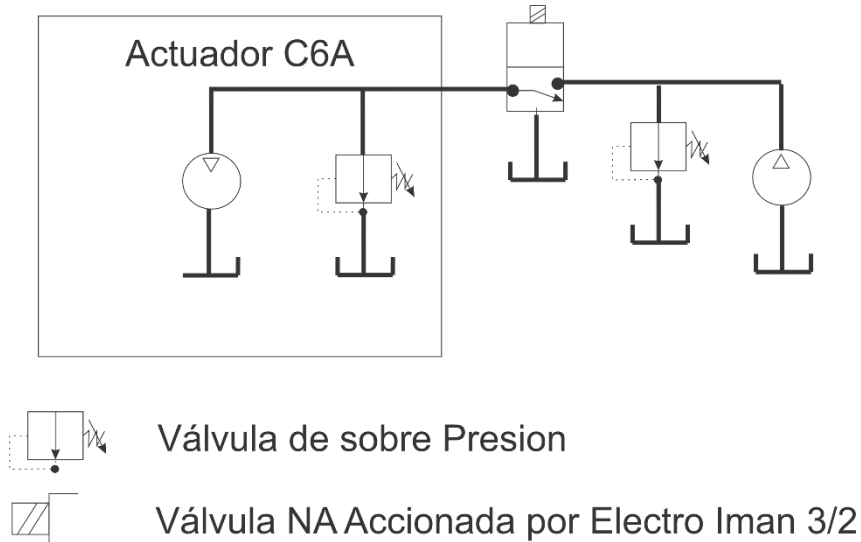
Fuente: (SCULLY, 2018)

4.1.6 Diseño de sistema hidráulico.

Antes de realizar el diseño eléctrico, del sistema se tiene que realizar un diseño hidráulico para los Actuadores hidráulicos, en principio se realiza un diagrama hidráulico simple, con una válvula de sobrepresión, sencilla, esto con el fin de brindar presión para la apertura y soltar a cierre, además se le colocara una válvula NA, con el fin de cerrar la válvula al

momento de energizar y abrir al des energizar, garantizando la apertura y cierre del actuador.

Figura 45: Diseño Hidráulico.

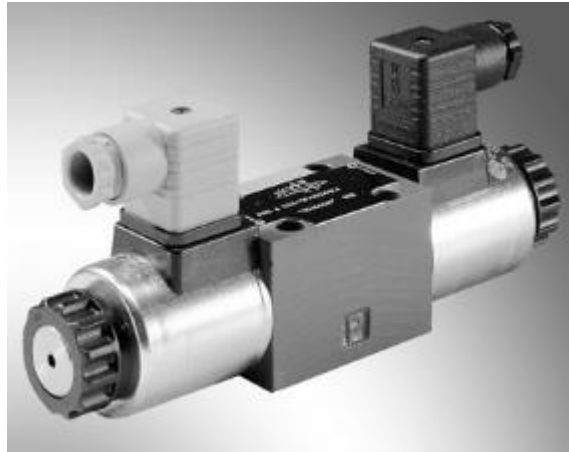


Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, en el diagrama, la bomba al accionarse, envía el fluido hidráulico a través de la línea, que está conectada a una válvula de 3 vías accionada por electro imán que envía el fluido a tanque estando apagada y encendida completa el circuito hacia el actuador.

La válvula a utilizar es la Bosc RS 23178-00/06.09, de 1/8", la cual servirá para complementar el circuito y enviar al tanque el resto de la presión, se utilizaran tuberías de 1/8" según el fabricante a 1200 PSI, para soportar la presión de la unidad Larzep, se utilizaran tubos enmallados de dos alambres de alta presión de 1/8 con acopes de alta presión ajustados, y racores que evitaran la fuga del fluido hidráulico del sistema.

Figura 46: Válvula 3/2 presión hidráulica aceite.



Fuente: (Bosch, 2002)

Para la válvula de sobrepresión VMD 20 de la empresa MTC.

Figura 47: Válvula de sobrepresión VMD 20.



Fuente: (MTC, 2002).

La bomba debe ser una de desplazamiento positivo, la cual permite acumular grandes presiones, el accionador requiere de una bomba de 150 bar, la empresa Larzep Hidraulics tiene una unidad de potencia con motor incorporado, capaz de generar 700 bar, pero por comodidad y facilidad en el diseño, se debe utilizar la válvula de sobrepresión y configurarla para 150 bar.

El cálculo de la bomba se vuelve innecesario, debido al ajuste que se le hace a la unidad de potencia larzep, el cual tiene una válvula de alivio ajustable que permite aliviar el sistema a la presión indicada mediante un control on/off, según su fabricante

Figura 48: Unidad de potencia Larzep.



Fuente: (LARZEP, 2015).

Como se puede observar, la unidad de potencia hidráulica, viene con todo lo necesario para el montaje además de incluir un tanque de depósito, para el aceite y su respectivo sistema eléctrico con protecciones.

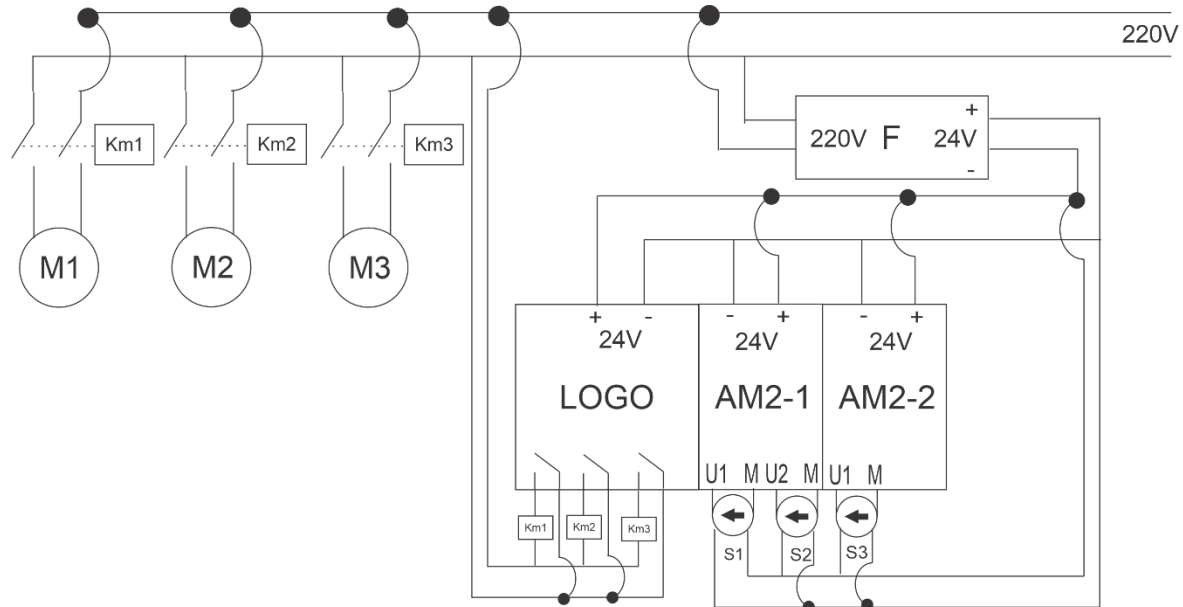
4.1.7 Diseño del Sistema eléctrico.

Para diseñar el sistema eléctrico, se debe tener en cuenta el software hecho por logosoft, que se encuentra en el punto 4.1.4 (Diseño del sistema logico), la unidad de potencia, que debe ser energizada, para abrir el accionador, la electroválvula 3/2, y los sensores instalados en el sistema.

Como se puede observar, el único dispositivo eléctrico que estará en el separador API son los 2 sensores de aceite y el sensor de nivel, que está unido al tablero a través del cable de control especial centelsa AWG 24, recomendado por el fabricante del sensor, el tablero debe estar ubicado cerca de las unidades de potencia, para poder utilizar los contactores,

de 20 A, los cuales se sacan de la hoja de datos de las bombas de aceite expuestas con anterioridad, además que debe ser de fácil manipulación.

Figura 49: Diagrama Eléctrico, circuito de control.



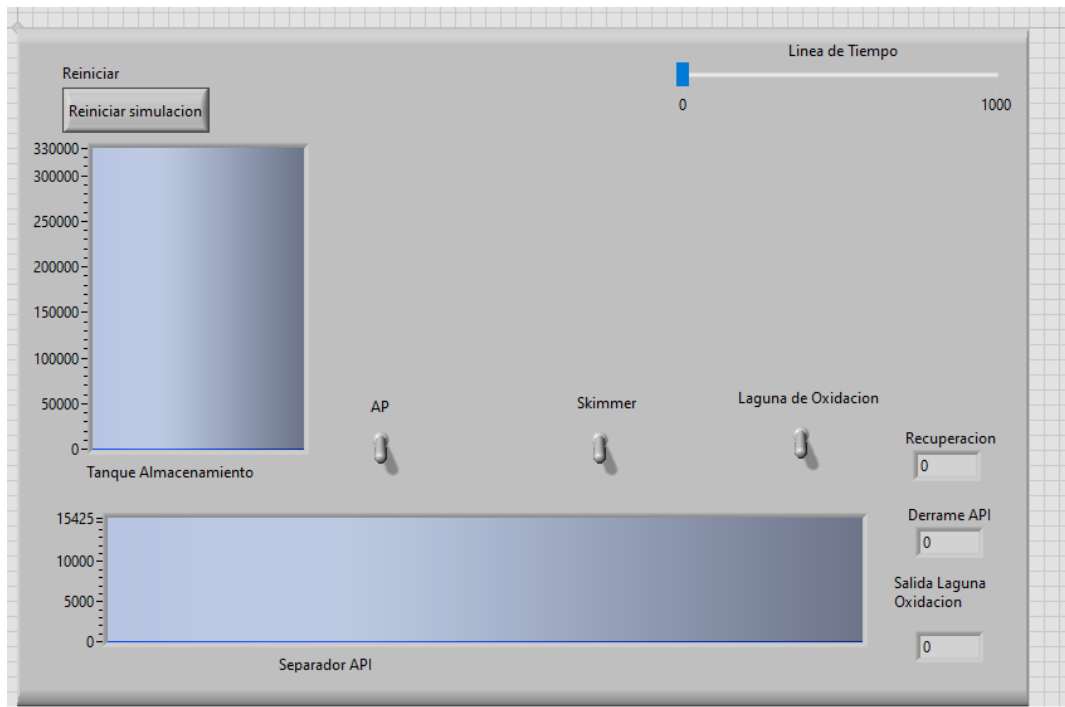
Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, el logo Maneja los coils de los contactores KM1, KM2 y KM3, los cuales comandan los motores M1, M2 y M3, correspondientes al actuador 1, Unidad de potencia del Skimmer y el Actuador 2. La lógica le debe ser programada al logo para que funcione, el encendido debe ser instalado con un start-stop que se debe instalar en el arranque del tablero de control.

4.1.8 Simulación del separador API en LabView.

Para simular el separador API, en el estado actual se debe tener en cuenta la lógica manual del sistema, en la cual, si se deja abierto el sistema del tanque de almacenamiento se puede desbordar el separador API, también se debe tener en cuenta que el separador API no tiene control y la recolección del se hace de manera manual.

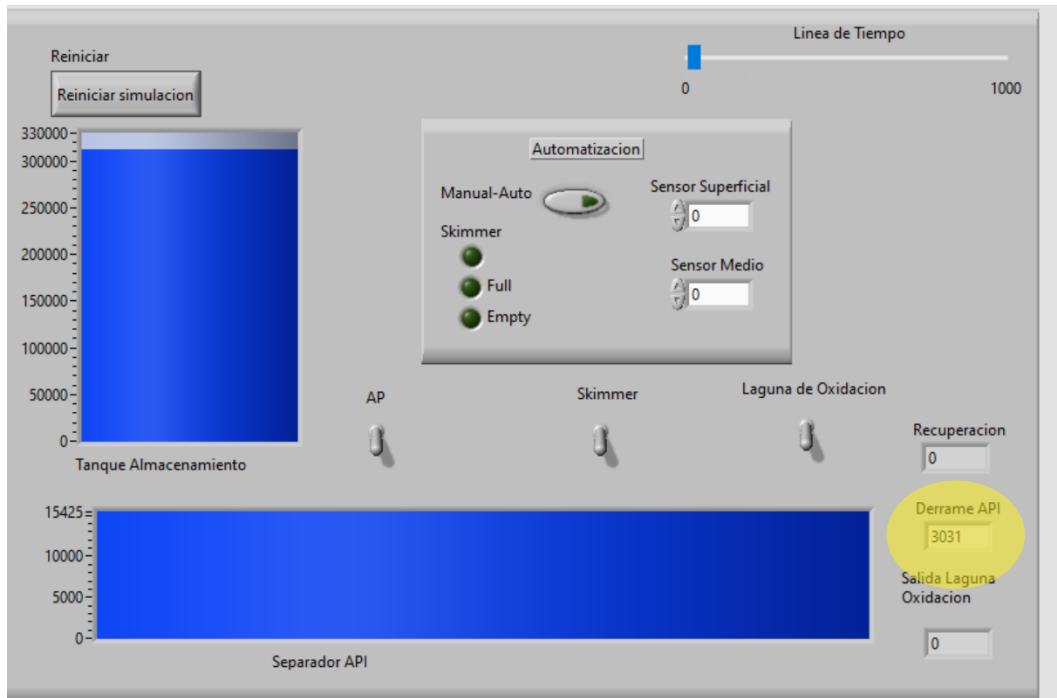
Figura 50: simulación manual del sistema.



Fuente: Elaboración Propia.

El separador API se llena con la Válvula AP, la cual si no se supervisa, puede generar un derrame, en el separador, cabe aclarar que a la simulación se le colocó un control de tiempo en ms en la parte superior, que permite acelerar o colocar en tiempo real el sistema, debido a que con las dimensiones del separador se requerirían de

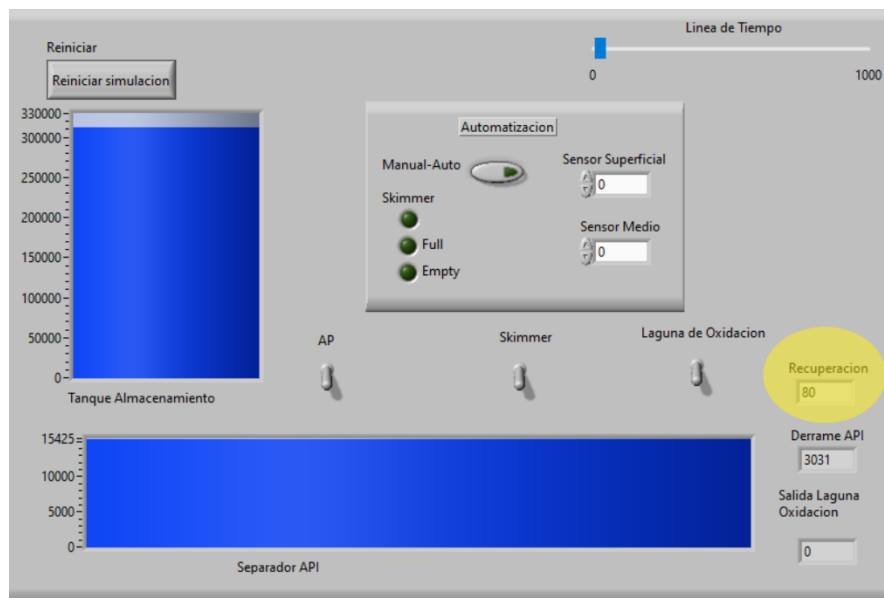
Figura 51: Derrame en Galones de la simulación



Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar la recolección manual con el skimmer debe disminuir el nivel, debido a que el skimmer raspa la superficie del agua. Además debe mandarlo por el tubo de recuperación.

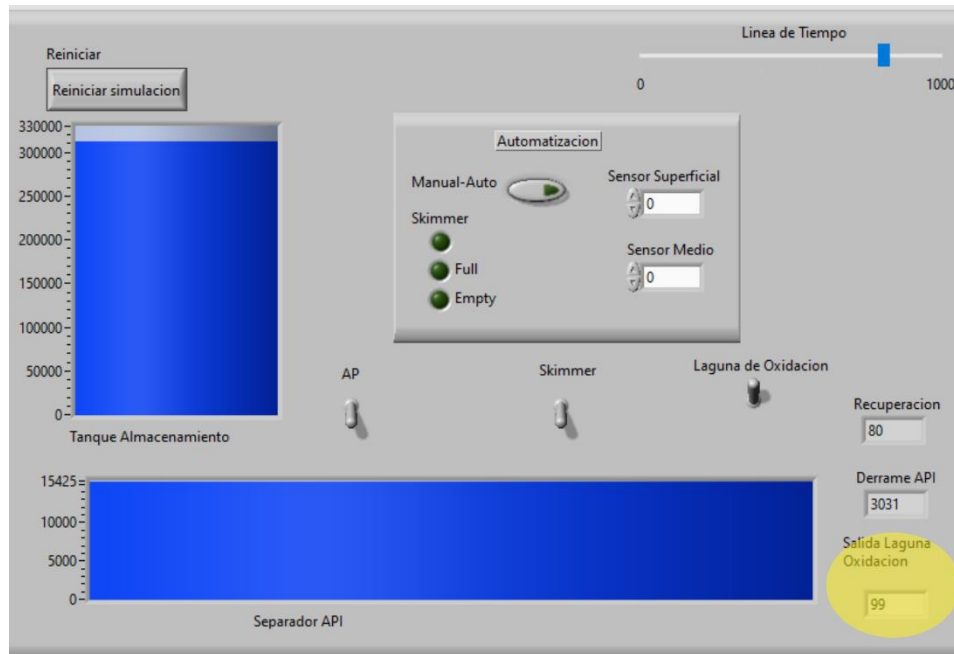
Figura 52: Salida del skimmer y recuperación del producto.



Fuente: Elaboración Propia.

Ahora al abrir la válvula de la laguna de oxidación debe salir el agua y acumularse en el contador de la salida.

Figura 53: Salida en Galones hacia la laguna de oxidación.

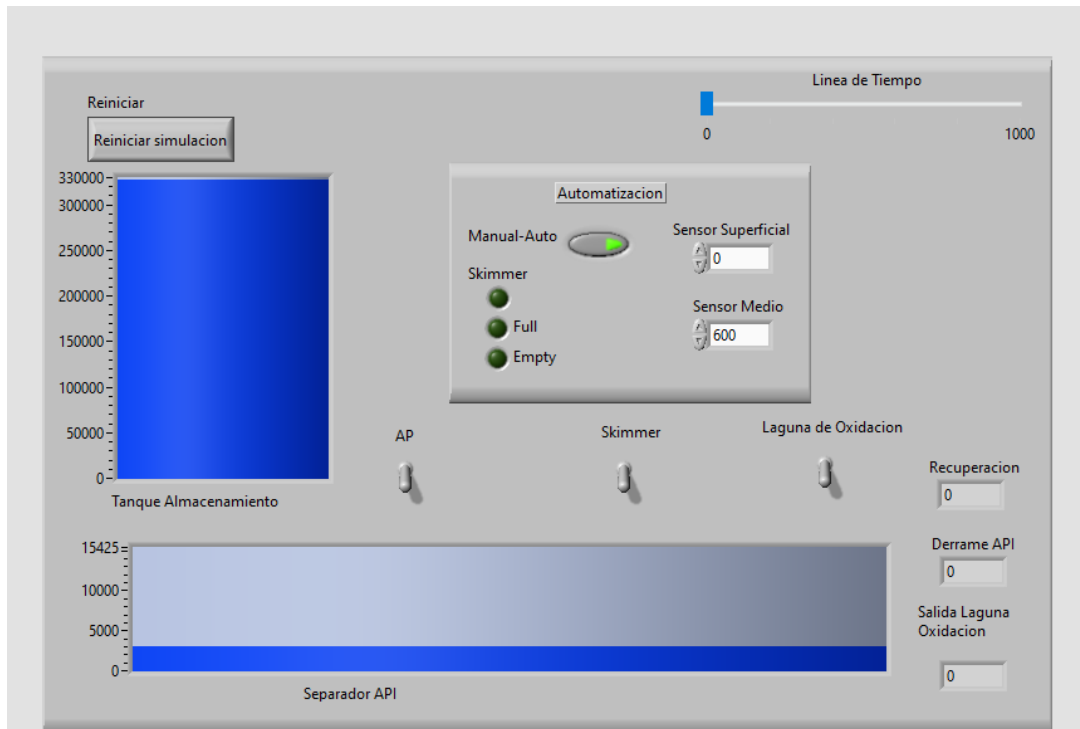


Fuente: Elaboración Propia.

Por tal motivo se cumple la simulación en manual del sistema.

En la simulación automática, al aumentar los valores en el sensor superficial y el sensor bajo, se puede observar que el nivel de agua se mantiene, a pesar que la válvula se abre y se cierra, a continuación se muestran los estados automáticos que se generan.

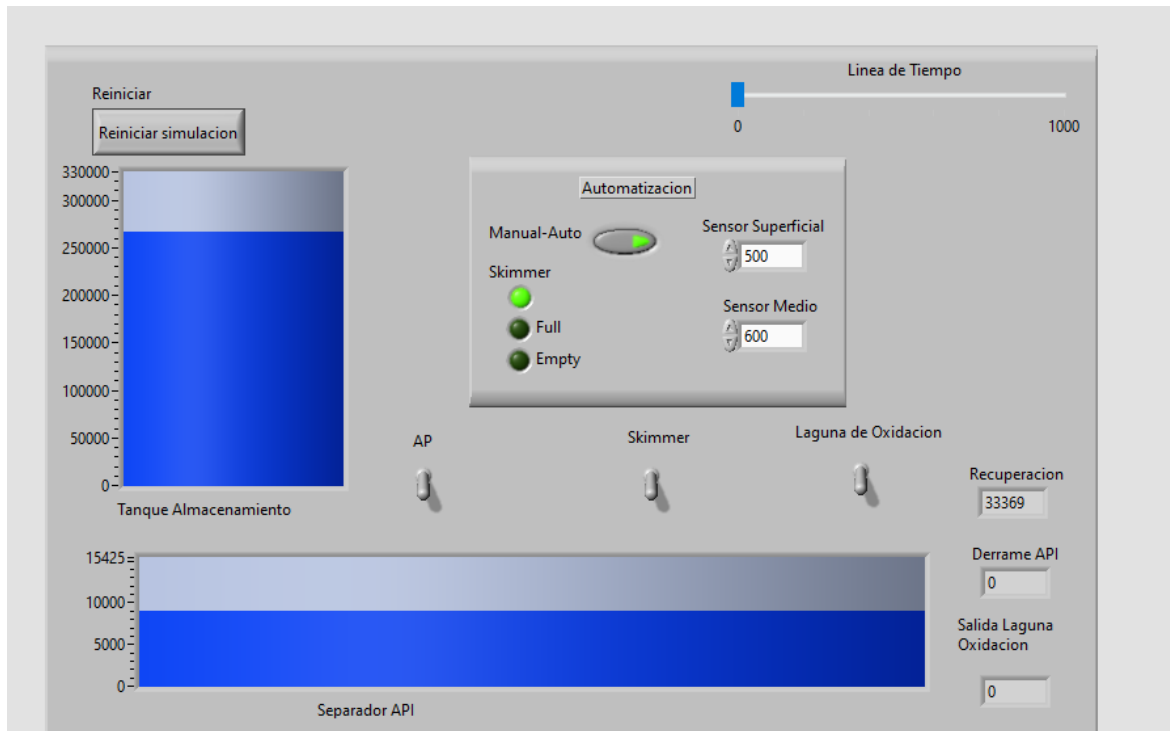
Figura 54: Sensor Bajo Obstruyendo la válvula hacia la laguna de oxidación y el separador API llenándose.



Fuente: Elaboración Propia.

Como el sensor encuentra mucho aceite cierra la válvula hacia la laguna de oxidación, el separador API se llena.

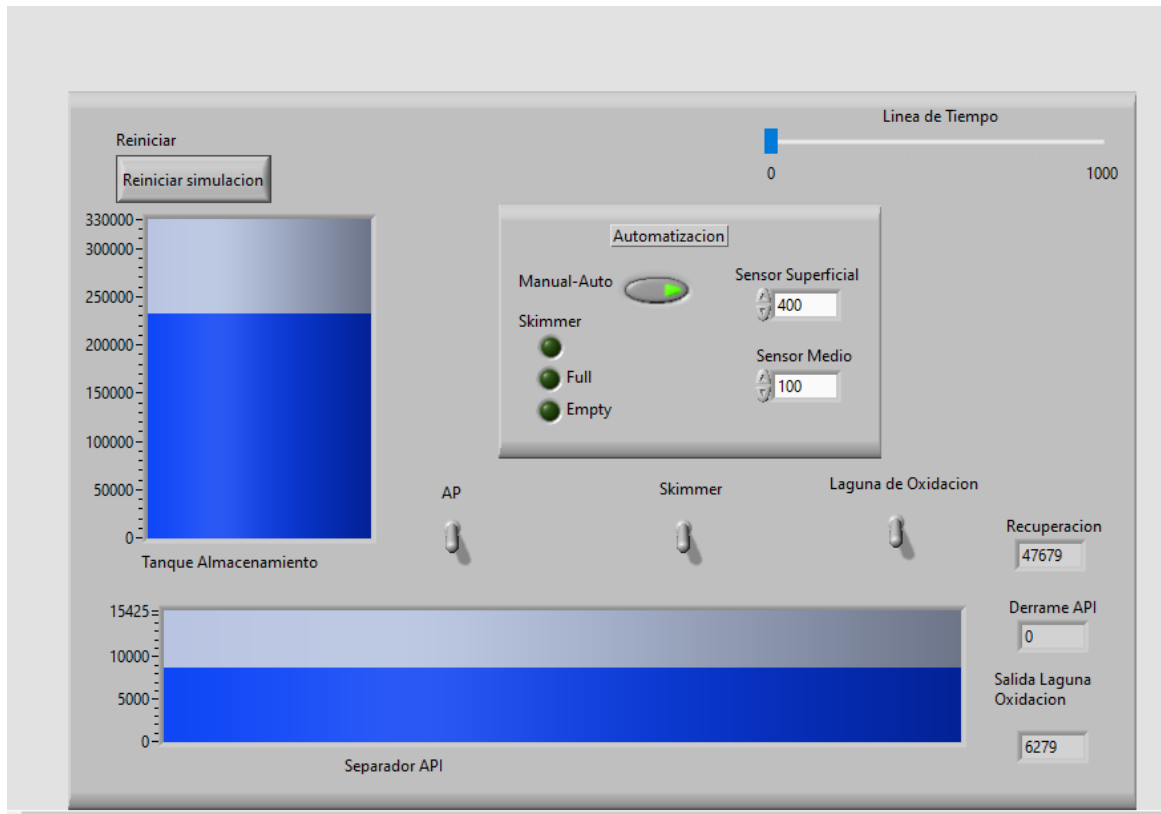
Figura 55: el sensor superior se llena de aceite, enciende el skimmer, y al bajar a determinado nivel abre la válvula de entrada.



Al cumplirse la condición el skimmer se enciende, y si baja a determinada altura, se abre la válvula de entrada para seguir llenando el separador API.

Y por último, si el sensor inferior detecta poco aceite abre la válvula hacia la laguna de oxidación.

Figura 56: sensor bajo disminuyendo el nivel de aceite, y abriendo la válvula de salida a la laguna de oxidación.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Coste Beneficio.

A continuación se va a evaluar, el precio del coste beneficio.

4.2.1 Coste del proyecto.

ÍTEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UND	VALOR TOTAL
1	sistema de potencia hidráulico para la el actuador.	2	\$ 3.500.000	\$ 7.000.000
2	sistema de mangueras 50 mts para electro válvula	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
3	estructura para sistema de potencia	2	\$ 400.000	\$ 800.000
4	Actuador C6A DM 150	2	\$ 16.000.000	\$ 32.000.000
5	Sensores FP360 sc	2	\$ 2.650.000	\$ 5.300.000
6	Sensor de altura de líquidos Scully	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
7	Cable especial para sensores	120	\$ 12.500	\$ 1.500.000
8	estructuras para la fijacion de los sensores	3	\$ 200.000	\$ 600.000
9	Contactores de 10ª	2	\$ 150.000	\$ 300.000
10	Contactores de 30ª	1	\$ 180.000	\$ 180.000

11	Electroválvulas 3/2	2	\$	350.000	\$	700.000
12	Válvula reguladora de presión	2	\$	180.000	\$	360.000
13	Logo Siemens	1	\$	600.000	\$	600.000
14	Cableado de sistema de control	1	\$	550.000	\$	550.000
15	garita provisión	1	\$	2.500.000	\$	2.500.000
16	accesorios eléctricos armado del tablero	1	\$	500.000	\$	500.000
17	Mano de obra	1	\$	17.337.000	\$	17.337.000
					\$	75.127.000

A eso hay que sumar, un sistema de imprevistos, que puede ser el 10% del proyecto, por tal motivo el coste del proyecto se encuentra en los \$ 83 000 000 COP, que lo hace atractivo para su implementación.

4.2.2 Beneficio.

Los beneficios de la automatización del separador API son varios y se enumeraran a continuación.

1. Ahorro de tiempo de los operarios.
2. Reducción de los operarios (se requieren 3 operarios).
3. Menor tiempo de exposición de los empleados a los líquidos en el separador.
4. Vigilancia 7-24 del separador API.

Estos beneficios son intangibles e incalculables, pero si la reducción de personal de 3 operarios (uno que abre el skimmer manual, el que impulsa el aceite hacia el skimmer y el que mide el nivel de agua y aceite del separador), cada operario tiene un sueldo en promedio de \$3.500.000 COP, por tal motivo, el recorte generaría un ahorro de \$ 7.000.000 COP, además de que los sensores realizarían mediciones en tiempo real ahorrando tiempo para la evacuación hacia la laguna de oxidación.

Para el medio ambiente el beneficio radica en que el agua se evapora con menor cantidad de elementos químicos lanzados a la atmosfera, y se evita el represamiento de aguas, que tienden a dañarse generando múltiples olores que repercuten a los hoteles cercanos, causando daños al sector hotelero.

4.2.3 Retorno a la inversión.

A continuación se presenta un cálculo simple de retorno a la inversión:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	V UNIDAD	V TOTAL.	
1	Sueldo de 2 trabadores	12	\$ 7.000.000	\$ 84.000.000	COP
COSTE DEL PROYECTO				\$ 83.000.000	COP
TIEMPO DE RECUPERACION				11,85714286	Meses

El retorno a la inversión se haría en 11 meses 20 días aproximadamente, solo dedicándole un operario al proceso, además de reducir el tiempo de llenado, recolección y vaciado del separador API. También se evitarían enfermedades o posibles demandas por exposición a líquidos peligrosos o a inhalación de gases nocivos.

5 Conclusiones y recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

El separador API es un sistema de recuperación de producto, necesario debido a el agua con la cual se transporta con el producto, el cual es extraído por decantación de los tanque de almacenamiento.

Se debe analizar el proyecto hasta el más mínimo detalle para realizar un diseño optimo, en este proyecto se omitieron ciertos materias, que son obvios que se tienen que implementar como es el caso de las roscas NPT, terminales, cables eléctricos, canaletas, etc. Esto con el fin de que al momento de la implementación sea fácil realizar una modificación del sistema.

En el separador API, no se pueden utilizar sistemas eléctricos directamente para evitar las chispas, o la estática que provoca arcos eléctricos, los sensores, por la naturaleza de los materiales es inevitable, no usarles, pero si se puede proteger el sensor asegurándolo a tierra.

En la industria hay todo tipo de sensores y actuadores, el actuador hidráulico de apertura y cierre, hidráulico automático, es una opción para no utilizar actuadores eléctricos.

La revisión de las variables a través de un sistema SCADA, es importante para analizar las muestras de agua de manera continua, la separación del aceite actualmente se hace por el método empírico (observar hasta que a manera visible) se separe el agua del aceite, por medio de este proyecto los sensores superior e inferior se encargan de revisar las partículas de Aceite suspendido en tiempo real haciendo el sistema más eficiente, y al adaptarle el skimmer que al encenderlo por medio de la lógica de los sensores, lo hace mucho más eficiente.

El uso de autómatas y herramientas de diseño brindadas por los fabricantes, ayudan al diseño e implementación del sistema de una manera rápida, y la herramienta logosoft, ayudo en gran medida al desarrollo de la lógica del sistema.

La simulación en labview, permite dar una idea detalla de como quedara el sistema, sin embargo, el sistema debería ser implementado y probado, para corroborar la teoría y hacer ajustes al diseño, todo diseño tiene que ser ajustado con base a su implementación en la realidad.

El coste beneficio del proyecto, demuestra que puede ser implementado, y demuestra que disminuir mano de obra, reduce gastos en la operación importantes.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda realizar un estudio más profundo sobre los actuadores, buscando uno más apto, o uno que pueda ser implementado de manera más sencilla, pocos fabricantes se atreven a realizar nuevos actuadores solo la empresa Cowan dynamics tiene actuadores especiales hidráulicos, incluso el mismo actuador tiene una implementación con paneles solares y comandos remotos.

Se recomienda, buscar otras alternativas a los actuadores sensores eléctricos, debido a que se pueden implementar, pero siempre está el peligro que pueda ocurrir un daño eléctrico.

Se recomienda desinstalar el skimmer manual y aplicar el skimmer hidráulico de manera inmediata, debido a que el sistema en la actualidad es muy poco eficiente.

Se recomienda la implementación del sistema para probar lo demostrado en este proyecto, debido a que el coste beneficio dio positivo y disminuyendo de 3 a 1 solo operario el sistema, ese operario se convierte en un supervisor, debido a que el sistema haría el trabajo de las 3 personas.

6 Bibliografía

- Adam, E. J. (2020). *Instrumentación y control de procesos*. Bogota: Universidad Nacional.
- Agencia para Sustancias Toxica y registro de Enfermedades. (1999). *RESUMEN DE SALUD PÚBLICA HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO*. Madrid España: Agencia para Sustancias Toxica y registro de Enfermedades Española.
- American Petroleum Institute. (1990). *Management of water Discharges*. washington: API.
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: El Pasillo.
- ASHRAE. (2009). *ASHRAE*. ASHRAE.
- Bosch. (2002). *Válvula direccional 4/3, 4/2 y 3/2 1/12*. New York: Bosch.
- centelsa. (s.f.). *Cables para automatización y Control*. Bogota: Centelsa.
- Cowan Dynamics. (2020). *Serie C6A*. Quebec: Cowan Dynamics.
- Crane. (1988). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. McGraw Hill.
- Del Rio, O. (. (2011). *El proceso de investigación: etapas y planificación de la investigación. La investigación en comunicación. Métodos y técnicas en la era digital*. Barcelona: Gedisa.
- EKIP. (2017). *Catalogo de Aplicaciones En Petroleo*. Bogota.: EKIP.
- elastec. (25 de 03 de 2021). *elastec*. Obtenido de elastec: <https://www.elastec.com/es/configurar-el-sistema-skimmer-de-tambor-elastec/>
- energyspecialties. (24 de 11 de 2020). *energyspecialties*. Obtenido de energyspecialties: https://www.energyspecialties.com/primary_treatment/api
- Gobierno Colombiano. (2004). *LEY 939 DE 2004*. Bogota: Ministerio del Medio Ambiente.
- GreenPeace. (s.f.). *EFECTOS DEL PETRÓLEO SOBRE LA SALUD*. Madrid: GreenPeace.
- HACH. (2015). *Sensor de aceite en agua FP360 s*. Colorado: HACH.
- Honeywell. (s.f.). *RAE Systems*. Obtenido de RAE Systems: https://www.raesystems.com/sites/default/files/content/resources/Nota-de-aplicaci%C2%A2n-219_Uso-de-PID-para-tomar-decisiones-relativas-al-10%25-de-LEL_08-00.pdf

- Lara, A. R. (Marzo de 2018). *msdmanuals*. Obtenido de msdmanuals: <https://www.msdmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares/enfermedades-pulmonares-medioambientales/lesi%C3%B3n-por-inhalaci%C3%B3n-de-gas-irritante>
- LARZEP. (2015). *Catalogo Unidades Hidraulicas Larzep*. Vizcaya: LARZEP.
- Lombana Coy, j., Vega Jurado, J., Britton Acevedo, E., & Herrera Velasquez, S. (2015). *ANALISIS DEL SECTOR BIODIESEL EN COLOMBIA Y SU CADENA DE SUMINISTROS*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Ministerio de Minas y Energia . (2015). *Decreto 1073 de 2015*. Bogota: Gobierno colombiano.
- MTC. (2002). *Datasheet VMD 20*. Atlanta: MTC.
- Plaza Gálvez, L. F. (2017). Modelo Matemático para vaciado de Tanques. *Scientia et Technica Año XXII*, 122-170.
- Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación. Diseño y ejecución*. Bogotá: Ediciones de la U.
- SCULLY. (2018). *Datasheet Scul-Sense Five-Wire Optic Sensor*. Wilmington: SCULLY.
- Serway, R. A., & Jewet, J. W. (1996). *Fisica para ciencias e Ingenierias*. California: TOMSOM.
- Siemens. (02 de 03 de 2020). *Siemens*. Obtenido de Siemens: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-basic-modules.html>
- Sistema Globalmente Armonizado (GHS). (2010). *Líquidos Inflamables (y Combustibles)*. New York: Sistema Globalmente Armonizado (GHS).
- Terpel. (s.f.). *Manual de Cargue, Almacenamiento y descargue de Combustibles en las estaciones terpel*. Bogota: Terpel.
- The Engineering Toolbox. (15 de 03 de 21). *Control valves and flox characteristics*. Obtenido de Control valves and flox characteristics.: http://www.engineeringtoolbox.com/control-valves-flow-characteristics-d_485.html
- Toyo Valve. (2010). *Stainless Steel Valves*. Toyo Valve.
- Zimmermann , M. L. (2018). *Derrame de petróleo en Colombia: tras 25 días, aún no se controla el desastre ambiental*. Madrid: MongoBay.

7 Anexos.

7.1 Hoja de datos del Sensor de Nivel.

⚡ **Portable Liquid Level Sensors** Models SP-PY, SP-PYH, and SP-PYFU *Featuring Dynacheck® – Automatic and Continuous Self-Checking Circuitry*



DESCRIPTION

The SP-PY, SP-PYH, and SP-PYFU liquid detection sensors are single point sensors, and are used in numerous top loading applications such as rail cars and chemical trailers. They provide overflow protection by determining when liquid product has reached a predetermined level in the tank compartment.

These sensors are intended for use with Scully control monitors, which incorporates Dynacheck®. Dynacheck® circuitry monitors the sensor, wiring, connections, and its own operation 30 times per second. When a sensor comes in contact with liquid, or if an unlikely fault occurs within the system itself, Dynacheck® signals for the immediate shutdown of the loading operation and/or sounds an audible alarm.

The SP-PY and SP-PYFU sensors are used in unheated liquids. The SP-PYH sensor is used in heated liquids. Each model has an adjustable clamp or coupling depending on its intended use.

Scully SP-PY, SP-PYH and SP-PYFU sensors are portable style units which connect to the rack via a plug and cable. A socket is mounted to the rack for this purpose. They may also be wired directly.

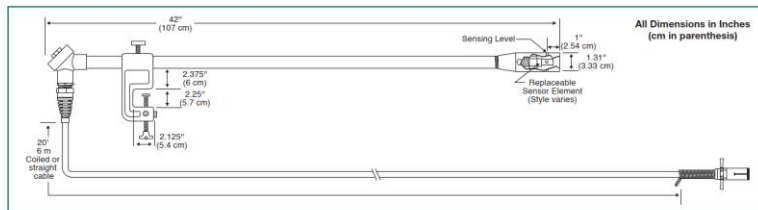
They are hung at the rack location or stored elsewhere when not in use. The sensor is inserted into the tank compartment. An adjustable clamp or coupling lets you determine the sensing level and holds the sensor in place in the tank.

Scully portable sensors are available in aluminum or stainless steel. Units with connection cables that detach from the rack location are also available.

The SP-PY and SP-PYH sensors are compatible with Scully ST-15 series control monitors which have housing and indicator options. Consult data sheets #60629. SP-PYFU sensors are compatible with Scully ST-35 series control monitors. Consult ST-35 data sheet #67253.

FEATURES AND BENEFITS

- Incorporates Dynacheck® automatic and continuous self-checking circuitry when used with Scully control monitors.
- Signals for the immediate shutdown or sounds an audible alarm when the vehicle is fully loaded. Adjustable sensing depth.
- Uses proven thermistor or optic sensing technology.
- Stores easily at the rack location.
- Can be used for a wide range of liquid products.
- Over 25 years of reliable operation.



60632 Rev E

Scully Signal Company 70 Industrial Way, Wilmington, MA 01887, USA • 800-272-8559 • sales@scully.com • www.scully.com

Models SP-PY, SP-PYH, and SP-PYFU

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Temperature: SP-PY; -40° to +120°F (-40° to +48°C)
 SP-PYH; 0° to +200°F (-18° to +93°C)
 SP-PYFU; -40° to +140°F (-40° to +60°C)

Construction:
 -SP-PY and PYH wetted parts (Pyrex®):
 Aluminum, Viton®, Borosilicate glass.

-SP-PY(SS) and PYH(SS) wetted parts:
 316 stainless steel, Teflon®,
 borosilicate (Pyrex®) glass.

-SP-PYFU wetted parts:
 Aluminum, Viton®, Epoxy. All models
 have Stainless Clamp screws.

Level Repeatability: +/- 1/16" (1.6mm)

Size: Refer to diagram

Cable: 20' (6m) fuel resistant

Scully SP-PY, SP-PYH, and SP-PYFU portable sensors are part of an intrinsically safe system using entity parameters in conjunction with Scully control monitors approved by FMC.

The intrinsically safe outputs of these control units allow the sensors to be used in Class I Division 1, Group D Hazardous Locations. Consult Scully for other specific details.

ORDERING INFORMATION

Description	Part Number
SP-PYIO/4P Portable Cane Sensor, 36", 4-Pin Plug, 20' Straight Cable	09188
SP-TO/SS/4P Portable Chemical Cane Sensor	09466
Portable Cane Sensor, SP-PYU/4P, 36", 4 Pin Plug, 20' Straight Cable	07725
Portable Cane Sensor, SP-PYH/4P, 36", 4 Pin Plug, 20' Straight Cable	07726
Portable Cane Sensor, SP-PYH(SS)/4P, 36", 4 Pin Plug, 20' Straight Cable	08261
Portable Cane Sensor, SP-PYU(SS)/4P, 36", 4 Pin Plug, 20' Straight Cable	08839
SP-PYUG/4P Portable Cane Sensor, GATX Coupling, 4-Pin Plug, 20' Cable	07756
SP-PYHG/4P Portable Cane Sensor, GATX Coupling, 4-Pin Plug, 20' Cable	07757
SP-PYU/SS/4R Portable Cane Sensor, 2" Coupling	09326
SP-PYFU/SS/4P Portable Optic Chemical Sensor Care Probe, 36", 4 Pin, 20' Coil Cable	09483

REPLACEMENT PARTS

SP-PYIO Replacement Optic Cane Sensor	09189
Sensor Assy, 2-Wire Optic, Chemical (SS) BAS/FMc	09375L1
Sensor Assy, 5-Wire Optic, Chemical (SS) BAS/FMc	09376L1
SP-PYU Replacement Cane Sensor (Low Temp Thermistor)	09190
SP-PYH Replacement Cane Sensor (High Temp Thermistor)	09191
SP-PYU(SS) Replacement Cane Sensor (Low Temp Thermistor SS)	09183
SP-PYH(SS) Replacement Cane Sensor (High Temp Thermistor SS)	09184
SJ-4D Pole Pattern Socket, 4 Pin for Cane Probes	07707
Signal Conditioner for Rack Mounting ST-47 Dual Mode Operation	31504
SJ-6S Thermistor Socket for Bottom/Top Loading Operation	07720
Clamp Assembly, Horiz/Vertical Portable Cane	09478

Copyright © 2014 Scully Signal Company. Dynacheck, Dynamic Self-Checking, Dynamic Self-Test, Faylsafe, IntelliCheck, Intellitrol, Intelliview, Load Anywhere, Maxsafety, Sculcon, and V.I.P. are registered trademarks of Scully Signal Company. All Rights Reserved.
 Specifications are subject to change without notice.

60632 Rev E
 April 2014



Scully Signal Company
 70 Industrial Way
 Wilmington, MA 01887, USA
 800 272 8559 • sales@scully.com

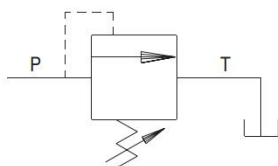
Scully Systems Europe NV
 Maanstraat 25
 2800 Mechelen, Belgium
 +32 (0) 15 56 00 70 • info@scully.be

Scully UK Ltd
 Meridian House, Unit 33
 37 Road One Winsford Industrial Estate,
 Winsford Cheshire CW7 3QG, UK
 +44 (0) 1606 553805 • sales@scullyuk.com

Dynamic Self-Testing® Overfill Prevention Systems

7.2 Válvula de Sobrepresión.

VALVOLA DI MAX PRESSIONE AD AZIONE DIRETTA
VMD 20
 RELIEF VALVE – DIRECT ACTING TYPE



ESEMPIO D'ORDINAZIONE

Tipo VMD20 – Dimensione 01 – Filetto 1/4 GAS
 - Molla 10-200 Bar - Grano di regolazione

VMD20 01 B1

Tipo VMD20 – Dimensione 02 – Filetto 3/8 NPT
 - Molla 10-200 Bar – Cappello

VMD20 02 N B3

ORDERING CODE EXAMPLE

VMD20 Type – 01 Dimension – 1/4 GAS Port thread
 -10-200 Bar Setting range – Socket screw

VMD20 01 B1

VMD20 Type – 02 Dimension – 3/8 NPT Port thread
 -10-200 Bar Setting range - Protection cup

VMD20 02 N B3

Codice d'ordinazione - Ordering code

VMD							
Collettore/Body		Dimensione/Dimension			Tipo Filetto/Port Type	Molla (bar)/Spring (bar)	Tipo Regolazione/Adjustment Option
20	Alluminio/Aluminium	GAS	NPT	SAE	GAS	A 5-50	1 Grano/Socket screw
S-20	Acciaio/Steel	01	1/4	1/4	N NPT	B 10-200	2 Volantino/Handknob
		015			S SAE	C 30-350	3 Cappello/Protection Cup
		02	3/8	3/8			

Applicazione

Sono utilizzate per limitare la pressione entro il valore desiderato e permettere lo scarico della portata in eccesso al serbatoio. La valvola è di tipo ad azione diretta.

Montaggio

Collegare il ramo in pressione con la bocca P e il ramo di scarico al serbatoio con la bocca T.

Funzionamento

Quando la pressione in P è superiore al carico della molla agente sull'otturatore il flusso in eccesso attraversa la valvola scaricando in T. Per regolare la pressione occorre: allentare il dado, avvitare il grano per aumentare la pressione o svitare per ridurre, stringere nuovamente il dado. È importante rimanere all'interno del campo di regolazione della molla scelta.

A richiesta

Filetti metrici – Flangiatura – Piombatura della regolazione.

NOTE COSTRUTTIVE

Cartucce della serie VMDC – Nessun trafileamento – Assenza di vibrazioni.

Application

Relief valves are used to keep the pressure within the preset value and to allow the excess flow to be released to tank. They are direct acting type.

Installation

Connect the pressure line to port P and the tank line to port T. Operation

When pressure to P is higher than the spring setting, the excess flow is allowed straight through the valve and then released to T. To adjust pressure simply loosen the nut, tighten the adjusting screw to increase pressure or loosen it to reduce pressure, then tighten the nut again. Adjustment operation must be carried out within the spring setting range only.

Optional

Metric threads – face mounting – lockwire.

FEATURES

VMDC cartridge type – no leakage – no vibrations.



VALVOLA DI MAX PRESSIONE AD AZIONE DIRETTA

VMD 20

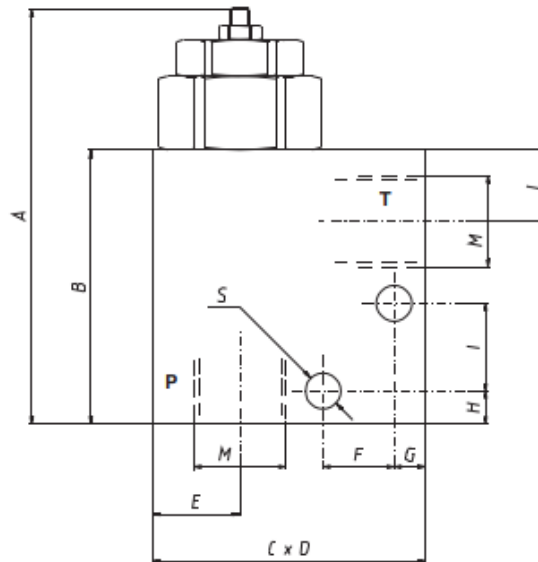
RELIEF VALVE - DIRECT ACTING TYPE

 Scheda
D20/0
 Card
Caratteristiche - Hydraulic characteristics

Dimensione/Dimension		02/03	02/03	02/03
Molla / Spring		A	B	C
Portata max/Max Flow Rate	l/min	20	20	20
Taratura max/Max Setting	bar	50	200	350
Pressione max alluminio/Max Pressure aluminium	bar	350	350	350
Pressione max acciaio/Max Pressure steel	bar	400	400	400

N.B.: per l'utilizzo di altri parametri vogliate consultarci

Note: if application needs other/specific parameters or measures please contact us

**Dimensioni e pesi - External dimensions and weights**

Dimensione Dimension	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M			S	Peso/Weight	
											GAS	NPT	SAE		20 kg	S-20
01	90	50	50	30	16	13	6	6	16	13	1/4	1/4		6.5	0.27	0.58
015	90	50	50	30	16	13	6	6	16	13			9/16-18	6.5	0.27	0.57
02	90	50	50	30	16	13	6	6	16	13	3/8	3/8		6.5	0.27	0.57

7.3 Hoja de datos del Actuador Hidráulico neumático automático Cowan.

cowan dynamics

Soluciones y sistemas de actuación para
Los entornos más desafiantes del mundo



Serie C6A
Actuadores hidráulicos API 6A

Diseñado para aplicaciones de servicio severo

- Presión nominal: 3000 psi / 5000 psi
- Hora de cierre: <5 s
- Sistema cerrado

Diseño

OPCIONAL	
Enchufe fusible	Dispara rápidamente el circuito a la posición de apagado cuando se expone al aumento de temperatura del fuego
PSL/PLH	Los modelos preferidos por el cliente se pueden asociar rápidamente al circuito a bordo del colector o tubería para proporcionar un funcionamiento automático del sistema de apagado
Válvula solenoide	Con bobinas de bajo consumo de energía para proporcionar un control remoto eficiente del sistema de apagado
Switches de posición	Posición de válvula abierta y cerrada con indicación local y retroalimentación remota
Válvula de aislamiento	Especialmente diseñado para prevenir el bloqueo por congelación del gas húmedo a baja temperatura
Válvula de compuesta	Ideal para servicio de aislamiento
Sistema ESD autónomo	Proporciona capacidades confiables de cierre de válvula cuando una fuente de energía externa no está disponible o no es confiable
Volante	Operación manual cuando el sistema hidráulico no está disponible

Soluciones y sistemas de actuación para
Los entornos más desafiantes del mundo

Especificaciones

- Presión nominal: 3000 psi / 5000 psi
- Temperatura estándar: -40 ° C (-40 ° F) ~ 70 ° C (158 ° F)
- Hora de cierre: <5 s
- Válvula solenoide: 24 VCC, 10 W

PARÁMETROS DE DISEÑO	
Especificación	ISO 10423 / API 6A
Número de certificación	6A-1377
Presión nominal S	5000 psi
Clasificaciones de temperatura	L + U
Clase de material	AA
Requisito de rendimiento	P2
Nivel de especificación de producto	PSL2

TABLA DE REFERENCIA DE SELECCIÓN			
Díámetro nominal de la válvula	Clase de presión API (psi)	Longitud de carrera (pulg)	Modelo
2 1/2"	5,000	2.99	C6A-100A
2 1/2"	10,000	2.99	C6A-125A
2 1/2"	15,000	2.99	C6A-125A
3"	5,000	3.78	C6A-125A
3"	10,000	3.78	C6A-125A
3"	15,000	3.78	C6A-125B
4 1/4"	5,000	4.53	C6A-125B
4 1/4"	10,000	4.65	C6A-125B
4 1/4"	15,000	4.96	C6A-125B
5 1/2"	5,000	5.91	C6A-160
7 1/4"	5,000	8.11	C6A-200
7 1/4"	10,000	8.15	C6A-200

Sistema ESD autónomo

El sistema ESD autónomo es un sistema de seguridad que está diseñado para proporcionar una capacidad confiable de cierre de la válvula cuando una fuente de energía externa no está disponible o no es confiable. Usando una bomba manual con diferentes partes de control, se mantiene un circuito de fugas cero para asegurar que el movimiento de la válvula no ocurra inadvertidamente hasta que se reciba una señal de seguridad.

Fácil de operar

El sistema ESD autónomo, con su válvula de secuencia y válvula de derivación, puede presurizar directamente y abrir la válvula cómodamente a pesar de las condiciones externas.

Integrado

Todos los componentes del sistema de control están integrados en un colector, con todas las conexiones de canal entre cada parte diseñadas dentro del módulo. La estructura es compacta, confiable y sin fugas incluso en temperaturas ambiente extremadamente altas o bajas.

Sistema cerrado

Con diseño de compensación de volumen, el circuito de control hidráulico está totalmente aislado con aire, evitando el deterioro o contaminación del aceite hidráulico. El C6A se puede instalar en cualquier ángulo necesario.

Compensación de temperatura

La compensación de temperatura del circuito del actuador de alta presión y el circuito de control de baja presión se logra con dos acumuladores separados. Esto asegura la estabilidad del sistema minimizando el funcionamiento de la válvula de alivio y eliminando el movimiento no deseado de la válvula. debido a grandes cambios de temperatura.

Resolución de problemas rápida

El diseño especializado en resolución de problemas proporciona un sistema de autodiagnóstico rápido.

Servicio y soporte
Toll free: 855-341-3415

www.cowandynamics.com
info@cowandynamics.com

Serie C6A - Actuadores hidráulicos API 6A

Materiales relacionados
Visite nuestro sitio web para descargar o solicitar un catálogo impreso.

AS SERIES
Solenoid Proportional Valve Actuator

- Pressure up to 10,000 Psi
- 2 in. Stroke
- API Type Seal Mount for Standard Applications
- Failures on Fail Open

CGO SERIES
Gas/Oil Rotary

- Pressure Up to 10,000 Psi
- 2 in. Stroke
- API Type Seal Mount for Standard Applications

AT SERIES
Valve Actuator

- Pressure up to 10,000 Psi
- 2 in. Stroke
- API Type Seal Mount for Standard Applications

EVA actuator
Electro Hydraulic Linear Valve Actuator

- Pressure up to 10,000 Psi
- 2 in. Stroke
- API Type Seal Mount for Standard Applications
- Failures on Fail Open

E'H90 SERIES
Electro-Hydraulic Valve Actuator

- Pressure up to 10,000 Psi
- 2 in. Stroke
- API Type Seal Mount for Standard Applications

CSY SERIES
Pneumatic Rotary

- Pressure Up to 10,000 Psi
- 2 in. Stroke
- API Type Seal Mount for Standard Applications
- Failures on Fail Open

Nuestras soluciones:

- Actuadores de válvulas**
- Sistemas a prueba de fallas**
- Paneles de control de procesos digitales**
- Paneles de control de procesos neumáticos**

Para información técnica y de ventas, Contactanos en:

Oficina para América Latina y América del Sur:
T: + 1-514-553-2328
maguirre@cowandynamics.com

Oficina central / fábrica:
6194 Notre Dame West
Montreal, Quebec H4C 1V4
T: + 1-514-341-3415
info@cowandynamics.com

/cowandynamics

/company/cowan-dynamics

/cowandynamics

/+cowandynamics

www.cowandynamics.com
Published January 7, 2021

7.4 Hoja de datos FP360 SC Sensor de aceite en Agua.



Sensor de aceite en agua FP360 sc

La sonda digital de fluorescencia UV FP360 sc está diseñada para la determinación sin reactivos de impurezas de aceite mineral directamente en el medio o en derivación. El sensor de escaso mantenimiento y fácil limpieza ofrece estabilidad y fiabilidad a largo plazo, y detecta incluso los restos más pequeños de aceite. Estas sondas de gran resistencia están hechas de acero inoxidable o titanio, por lo que la sonda FP 360sc se puede utilizar también en medios agresivos.

La sonda FP360 sc se puede conectar a todos los controladores SC e incluye opciones de salida versátiles, como salida de 4-20 mA, Modbus RS485, Profibus o Hart.

Ref. producto	Rango de medición	Material carcasa	Limpieza del sensor	Longitud de cable	EUR Precio
LXV441.99.11101	0 - 500 ppb (µg/L) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 15 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Stainless Steel	No	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.12101	0 - 500 ppb (µg/L) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 15 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Titanium	No	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.12201	0 - 500 ppb (µg/L) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 15 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Titanium	Sí	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.11201	0 - 500 ppb (µg/L) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 15 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Stainless Steel	Sí	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos

Ref. producto	Rango de medición	Material carcasa	Limpieza del sensor	Longitud de cable	EUR Precio
LXV441.99.21101	0 - 5000 ppb ($\mu\text{g}/\text{L}$) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 150 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Stainless Steel	No	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.21201	0 - 5000 ppb ($\mu\text{g}/\text{L}$) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 150 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Stainless Steel	Sí	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.22101	0 - 5000 ppb ($\mu\text{g}/\text{L}$) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 150 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Titanium	No	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.22201	0 - 5000 ppb ($\mu\text{g}/\text{L}$) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 150 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Titanium	Sí	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.21301	0 - 5000 ppb ($\mu\text{g}/\text{L}$) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 150 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Stainless Steel	No	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos
LXV441.99.11301	0 - 500 ppb ($\mu\text{g}/\text{L}$) PAH, basado en standards de calibración 0,1 - 15 ppm (mg/L) Aceite, basado en standards de calibración	Stainless Steel	No	Máx. 40 m incl. cable de prolongación	Contáctenos

7.5 Encuestas

Cuestionario para entrevista a personal encargado de la recolección manual de hidrocarburos en Separador API.

Fecha: 12 de Enero del 2021
 Nombre del Entrevistado: Jorge Ivan Mora Martinez
 Empresa: Ecopetrol

Título: Diseño de la automatización del separador api para la recuperación de hidrocarburos refinados mediante skimmer en Ecopetrol S.A

Preguntas:

1. ¿Usted ha realizado el proceso de recolección manual de hidrocarburos en el Separador API y por cuanto tiempo lo ha hecho?
Si, por 10 años
2. ¿Cuál es tiempo promedio que tarda la recolección manual de hidrocarburos con la falta en el Separador API, hasta su disposición al tanque de sumidero?
Por lo general se, emplea mas, tres horas
El tipo de producto influye en el tiempo
3. ¿Qué factores de riesgo considera usted existen durante el proceso manual de recolección de hidrocarburos en el separador API?
Exposición a vapores, caídas, explosión etc
4. ¿Qué acciones de mejora considera que se deben implementar para garantizar la eficiencia y confiabilidad del proceso, donde se disminuyen tiempos de ejecución y optimización de costos?
Implementar un sistema automatizado, garantizar la salud del trabajador en todos los aspectos, de salud ocupacional como tambien el medio ambiente.

[Firma]

Cuestionario para entrevista a personal encargado de la recolección manual de hidrocarburos en Separador API.

Fecha 12 Enero de 2021.

Nombre del Entrevistado: HENRY LUIS GONZALEZ GONZALEZ

Empresa Ecopetrol

Título: Diseño de la automatización del separador api para la recuperación de hidrocarburos refinados mediante skimmer en Ecopetrol S A

Preguntas:

1. ¿Usted ha realizado el proceso de recolección manual de hidrocarburos en el Separador API y por cuanto tiempo lo ha hecho?

Si durante un tiempo de 13 años

2. ¿Cuál es tiempo promedio que tarda la recolección manual de hidrocarburos con la flauta en el Separador API, hasta su disposición al tanque de sumidero?

en promedio se requieren de 24 a 3 horas depende del espesor de la película de hidrocarburo.

3. ¿Qué factores de riesgo considera usted existen durante el proceso manual de recolección de hidrocarburos en el separador API?

Exposición y vapores, riesgo de caídas dentro del Separador, Fugas de vapor.

4. ¿Qué acciones de mejora considera que se deben implementar para garantizar la eficiencia y confiabilidad del proceso, donde se disminuyan tiempos de ejecución y optimización de costos?

Como acción de mejora considero se debe automatizar el sistema de recolección manual, para garantizar un proceso seguro tanto para el personal del campamento, como el medio ambiente.